



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การกีฬา

วิทยาศาสตร์การกีฬา

สาขา

คณะ

เรื่อง ปริมาณแรงตึงในเอ็นไขว้หน้าขณะทำกิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทางในนักฟุตบอล กระโดดยิงประตูบาสเกตบอล และสวิงกอล์ฟ

Anterior Cruciate Ligament Force During Sidestep Cutting,
Jump Shot and Golf Swing

นามผู้วิจัย นายชิตยนันท์ เฟื่องมณี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพร ศศิมนทกุล, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ดร.อรอุมา บุญอารมย์, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ราตรี เรืองไทย, Ed.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ปริมาณแรงดึงในเอ็นไขว้หน้าขณะทำกิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทางในนักฟุตบอล กระโดดยิง
ประตูบาสเกตบอล และสวิงกอล์ฟ

Anterior Cruciate Ligament Force During SideStep Cutting,
Jump Shot and Golf Swing

โดย

นายธิดยวัฒน์ เฟื่องมณี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการกีฬา)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชิตยพันธ์ เฟื่องมณี 2557: ปริมาณแรงดึงในเอ็นไขว้หน้าขณะทำกิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทาง
ในนักฟุตบอล กระโดดยิงประตูบาสเกตบอล และสวิงกอล์ฟ ปรินญาวิทยาสตรมหาบัณฑิต
(วิทยาศาสตร์การกีฬา) สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา อาจารย์
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพร ศศิมนทกุล, Ph.D. 72 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของแรงดึงในเอ็นไขว้หน้าขณะทำ
กิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทาง กระโดดยิงประตูบาสเกตบอล และสวิงกอล์ฟ รวมทั้งเปรียบเทียบโอกาส
ที่แต่ละกิจกรรมทำให้เอ็นไขว้หน้าบาดเจ็บ โดยประเมินจากปริมาณของแรงดึงในเอ็นไขว้หน้า
กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬามหาวิทยาลัยเพศชาย อายุระหว่าง 18–28 ปี จำนวน 30 คน โดยผู้เข้าร่วม
งานวิจัยครั้งนี้จะถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามชนิดของกีฬาที่เล่น ได้แก่ บาสเกตบอล ฟุตบอลและ
กอล์ฟ ภายหลังจากที่ติดวัตถุสะท้อนแสงลงบนร่างกายส่วนล่างนักกีฬาบาสเกตบอล นักฟุตบอล
นักกีฬากอล์ฟแล้วจึงให้นักกีฬาบาสเกตบอลทำการกระโดดยิงประตูบาสเกตบอล นักฟุตบอลทำ
การวิ่งเปลี่ยนทิศทางและนักกอล์ฟสวิงกอล์ฟจำนวน 10 ครั้งโดยมีกล้องความเร็วสูงจำนวน 8 ตัว
ทำการบันทึกการเคลื่อนไหวของนักกีฬาด้วยความถี่ 100 เฮิรตซ์ พร้อมกับแผ่นบันทึกแรงปฏิกิริยาทำ
การวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้นด้วยความถี่ 1000 เฮิรตซ์ จากนั้นนำข้อมูลพิักัดการเคลื่อนไหวของ
กลุ่มตัวอย่างมาใส่ในแบบจำลองของร่างกายส่วนล่างและเอ็นไขว้หน้าโดยจำลองเอ็นไขว้หน้า
ออกเป็น 2 มัดได้มัดใย anteromedial bundle และมัดใย posterolateral bundle เพื่อวิเคราะห์หา
แรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าด้วยโปรแกรม LifeMOD™ ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธี
วิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณหลายตัวแปรแบบทางเดียวและวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นรายคู่
ด้วยวิธี Tukey กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิจัยพบว่า ในการทำกิจกรรมกระโดดยิงประตูบาสเกตบอลทำให้เกิดแรงดึงที่
เอ็นไขว้หน้ามากที่สุดและมากกว่ากิจกรรมการสวิงกอล์ฟ ทั้งนี้ปริมาณแรงดึงสูงสุดที่มัดใย
anteromedial bundle มีค่ามากกว่าปริมาณแรงดึงสูงสุดของมัดใย posterolateral bundle แต่อย่างไรก็
ตามปริมาณแรงดึงสูงสุดในเอ็นไขว้หน้าที่เกิดขึ้นจากทั้ง 3 กิจกรรมนั้น มีปริมาณไม่มากพอที่จะทำ
ให้เอ็นไขว้หน้าฉีกขาด

Dhitiyanant Pengmanee 2014: Anterior Cruciate Ligament Force During Sidestep Cutting, Jump Shot and Golf Swing. Master of Science (Sports Science), Major Field: Sports Science, Faculty of Sports Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Siriporn Sasimontonkul, Ph.D. 72 pages.

This research aimed to determine the magnitude of ACL tensile force which occur during sidestep cutting whilst playing soccer, basketball jump shots and golf swings. Moreover, the risk of sustaining ACL injuries when engaging in these respective activities were also compared in terms of magnitude of ACL force which each of them is associated with. Thirty college athletes, aged 18-28 years, participated in the study. They were divided into three groups of 10 participants each depending on which of the three action they performed. After retro-reflection markers were attached to the lower body of the athletes, they executed ten jump shots, sidestep cutting maneuvers and golf swings, deploying maximum effort. Eight high speed cameras captured the motion of the athletes at 100 Hz whilst a force plate recorded the ground reaction force synchronously at 1000 Hz. The position and orientation of the captured markers were integrated with the lower body model in order to simulate the captured motions. The ACL tensile force was then calculated from the lower body model which ACL was modeled to consist of double bundles, anteromedial (AM) and posterolateral (PL) bundles. The resultant data were analyzed using the one-way MANOVA method and Tukey's test was employed for the conduct of multiple comparisons. Statistical significance was at a level of .05

The results revealed that the maximum amount of ACL tensile force occurred when athletes were performing jump shot. Moreover, peak ACL force in AM bundle was greater than that in PL bundle. However, the peak ACL force produced by these activities was insufficient to cause damage to the ACL.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารรถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จนกลายเป็นวิทยานิพนธ์ฉบับที่ถูกต้องสมบูรณ์ มีคุณค่าทางวิชาการ หากขาดความอุปการะจากคณาจารย์ทุกท่าน ในโอกาสนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริพร ศศิเมณฑลกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดร.อรอุมา บุญขรรค์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัย ตลอดจนการให้คำปรึกษา แนะนำและตรวจแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ รองศาสตราจารย์วัลลีย์ ภัทโรภาส ประธานสอบ และรองศาสตราจารย์ ผศ.ดร.ชาคริต สุวรรณจรัส ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่แนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องจนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ มีคุณค่าทางวิชาการและเป็นประโยชน์ต่อผู้ศึกษา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ และผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณแม่ คุณตา คุณลุง คุณป้า ที่ให้การอบรมเลี้ยงดู และให้โอกาสทางการศึกษาด้วยดีเสมอมา ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สุพิตร สมานิติโต อาจารย์อำพร ศรียาภย์ พี่เจนจิรา จำผิวพรรณและขอขอบคุณพี่ น้อง และเพื่อนๆ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจด้วยดีตลอดมา

ธิตินันท์ เฟื่องฉวี

มิถุนายน 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ในการวิจัย	3
การตรวจเอกสาร	6
อุปกรณ์และวิธีการ	24
อุปกรณ์	24
วิธีการ	24
ผลและวิจารณ์	36
ผล	36
วิจารณ์	46
สรุปและข้อเสนอแนะ	51
สรุป	51
ข้อเสนอแนะ	52
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	53
ภาคผนวก	58
ภาคผนวก ก แบบเสนอโครงการวิจัยเพื่อขอคำรับรองจาก คณะกรรมการสิทธิมนุษยชนเกี่ยวกับการทดลองในมนุษย์	60
ภาคผนวก ข หนังสือยินยอมโดยได้รับการบอกกล่าวและเต็มใจ	70
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	72

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าเฉลี่ยของแรงดึงสูงสุดที่กระทำต่อเอ็นไขว้หน้า(Mean Peak ACL Loading) จากการจำลองทางคอมพิวเตอร์ในกิจกรรมต่างๆ	10
2	คุณสมบัติของข้อต่อ ได้แก่ ความแข็ง (joint stiffness) และความหน่วง (damping) ของข้อเข่า ข้อสะโพก และข้อเท้า	31
3	ค่าความแข็ง (Stiffness) และค่าความเครียดอ้างอิง (Reference Strain) ของ Anteromedial (AM) bundle และ Posterolateral (PL) bundle	33
4	เปรียบเทียบปริมาณแรงดึงสูงสุดของเอ็นไขว้หน้าในแต่ละกิจกรรม	41
5	เปรียบเทียบแรงปฏิกิริยาที่ข้อเข่าในขณะที่สัมผัสพื้นหลังจากกระโดดยิงประตูบาสเกตบอล วิ่งเปลี่ยนทิศทางในกีฬาฟุตบอลและในการสวิงกอล์ฟ	43

สารบัญภาพ

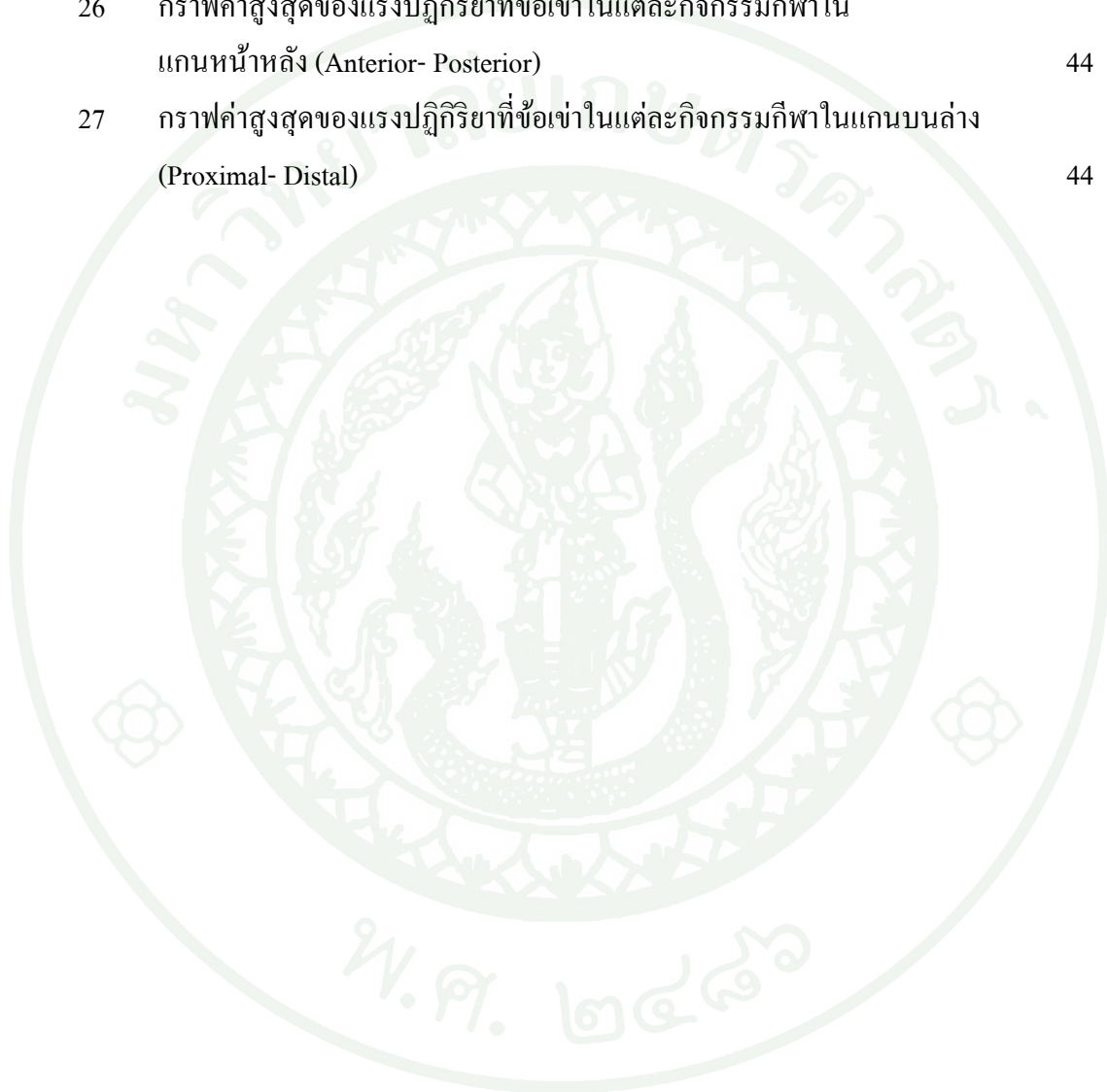
ภาพที่		หน้า
1	แสดงกายวิภาคศาสตร์ของข้อเข่า ประกอบไปด้วยกระดูกต้นขา (Femur) กระดูกหน้าแข้ง (Tibia) และเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า (Anterior Cruciate ligament)	7
2	แสดงกล้ามเนื้อบริเวณข้อเข่าประกอบด้วยกล้ามเนื้อทางด้านหน้าและกล้ามเนื้อด้านหลัง	7
3	แสดงจุดเกาะต้นที่กระดูกต้นขา (Femur) และจุดเกาะปลายที่กระดูกหน้าแข้ง (Tibia) ของAnteromedial (AM) bundle และ Posterolateral (PL) bundle	9
4	รูปแบบการเคลื่อนไหวโดยที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าโดยมีการงอเข่าร่วมกับการบิดหมุน (twist) ของข้อเข่า	11
5	การตรวจด้วยวิธี anterior drawer test ซึ่งเป็นการตรวจเฉพาะเพื่อยืนยันการฉีกขาดของเอ็นไขว้หน้า	14
6	การผ่าตัดซ่อมแซมเอ็นไขว้หน้าโดยวิธีการส่องกล้อง (Arthroscopic surgery)	15
7	นักฟุตบอลระดับทีมชาติ England Micheal Owen ที่ได้รับบาดเจ็บเอ็นไขว้หน้าจากการทำ sidestep cutting	16
8	การกระโดดยิงประตูด้วยวิธี Jump Shot	18
9	ลักษณะของข้อเข่าที่มีการงอร่วมกับหุบเขาด้านในของนักกีฬาบาสเกตบอล ซึ่งเป็นลักษณะกลไกการเคลื่อนไหวที่ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า	19
10	ทำขึ้นลักษณะ Toe off ในการตีกอล์ฟแบบ modern swing ของนักกีฬาอาชีพ ซึ่งทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บเอ็นไขว้หน้า เนื่องจากมีการเหยียดเข่าร่วมกับหมุนเข่าเขาด้านในของขาข้างที่ยึดตรึงกับพื้น	21
11	ไทเกอร์ วู้ดส์เกิดการบาดเจ็บที่เอ็นไขว้หน้าจากการเตะบอลให้เหยียดตรงร่วมกับหมุนเข่าซ้าย ในขณะที่มีการหมุนสะโพกอย่างรวดเร็ว	23
12	ตำแหน่งของวัตถุสะท้อนแสงที่ติดตามร่างกายบริเวณที่กำหนดตาม Plug in Gait Marker Set	25

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	การเปลี่ยนทิศทางเคลื่อนที่แบบ Sidestep cutting	27
14	ภาพการเคลื่อนไหวแสดงลักษณะการยิงประตูในกีฬาบาสเกตบอล	28
15	ท่าการสวิงกอล์ฟในการทดลอง (จาก 1 ถึง 5 ตามลำดับ)	29
16	ตำแหน่งการตั้งกล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหวความเร็วสูงระบบ แสงอินฟราเรด จำนวน 8 ตัว และตำแหน่งการวางแผ่นวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้น และภาพโครงร่างของนักกีฬา	30
17	แบบจำลองร่างกายส่วนล่างและเอ็นไขว้หน้าของผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ผู้วิจัย สร้างจากโปรแกรม LifeMOD™	32
18	แสดงการหาปริมาณแรงดึงของเอ็นไขว้หน้าจากแบบจำลองสามมิติโดย โปรแกรม LifeMOD™	34
19	แผนภูมิการเก็บข้อมูลการวิจัย	35
20	รูปแบบการเคลื่อนไหวของร่างกายตอนล่างขณะทำกิจกรรมกระโดดยิงประตู บาสเกตบอลและกราฟแสดงแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าของนักกีฬาบาสเกตบอลใน แต่ละช่วงการเคลื่อนไหว	37
21	รูปแบบการเคลื่อนไหวของร่างกายตอนล่างขณะทำกิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทาง (sidestep cutting) และกราฟแสดงแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าของนักกีฬาฟุตบอล ในแต่ละช่วงการเคลื่อนไหว	38
22	รูปแบบการเคลื่อนไหวของร่างกายตอนล่างขณะทำกิจกรรมสวิงกอล์ฟและ กราฟแสดงแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าของขาข้างที่ยึดติดกับพื้น	39
23	กราฟแรงดึงสูงสุดของเอ็นไขว้หน้าในมัดใย Anteromedial bundle	41
24	กราฟแรงดึงสูงสุดของเอ็นไขว้หน้าในมัดใย Posterolateral bundle	42
25	กราฟค่าสูงสุดของแรงปฏิกิริยาที่ข้อเท้าในแต่ละกิจกรรมกีฬาในแกนด้านใน ด้านนอก (Medial -Lateral)	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
26	กราฟค่าสูงสุดของแรงปฏิกิริยาที่ข้อเข่าในแต่ละกิจกรรมกีฬาใน แกนหน้าหลัง (Anterior- Posterior)	44
27	กราฟค่าสูงสุดของแรงปฏิกิริยาที่ข้อเข่าในแต่ละกิจกรรมกีฬาในแกนบนล่าง (Proximal- Distal)	44



ปริมาณแรงดึงในเอ็นไขว้หน้าขณะทำกิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทางในนักฟุตบอล กระโดด ยิงประตูบาสเกตบอล และสวิงกอล์ฟ

Anterior Cruciate Ligament Force During Sidestep Cutting

Jump Shot and Golf Swing

คำนำ

การบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า (Anterior Cruciate Ligament injury) พบได้บ่อยในกิจกรรมกีฬา ซึ่งการวิจัยเกี่ยวกับอุบัติการณ์การบาดเจ็บเอ็นไขว้หน้าของนักกีฬาพบว่า นักฟุตบอลมีการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าถึง 47 เปอร์เซ็นต์ (Louw and Grimmer, 2006) รองลงมาคือนักบาสเกตบอลมีการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า 32 เปอร์เซ็นต์ (Huston *et al.*, 2000) และในกีฬาอล์ฟพบว่าการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า 20 เปอร์เซ็นต์ (Mallon and Callaghan, 1994) ซึ่ง Louw and Grimmer รายงานในปี ค.ศ. 2006 ว่ากลไกการเคลื่อนไหวที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บที่เอ็นไขว้หน้าในนักกีฬาส่วนใหญ่เกิดขึ้นขณะที่นักกีฬามีการวิ่ง กลับตัว หมุนตัว เปลี่ยนทิศทางทันทีทันใด หรือเมื่อร่างกายนักกีฬาดกลงสู่พื้นหลังจากการกระโดด ตลอดจนการเคลื่อนไหวเพื่อหลบหลีกคู่ต่อสู้ โดยการเคลื่อนไหวเหล่านี้ทำให้มีน้ำหนักกดลงบนกระดูกหน้าแข้ง (Tibia) ร่วมกับทำให้ข้อเข่าบิด (twist) หรือทำให้ข้อเข่าอยู่ในลักษณะ valgus ส่งผลให้เกิดแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) สูงกว่าปกติจนเกิดการฉีกขาดของเอ็นไขว้หน้า (ACL) ได้ (Dempsey *et al.*, 2007)

เมื่อมีการบาดเจ็บเกิดขึ้นที่เอ็นไขว้หน้า จะทำให้ข้อเข่าสูญเสียความมั่นคงและอาจส่งผลต่อเนื่องให้เกิดภาวะข้อเข่าเสื่อมได้ (Vilensky, 1997) ซึ่งการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าในนักกีฬาระดับอาชีพจะส่งผลกระทบต่อตัวนักกีฬา ทั้งการคัดเลือกตำแหน่งตัวจริง รายได้ และความเชื่อมั่นในตัวของนักกีฬาเอง (Bach *et al.*, 1998) เป็นต้น นักกีฬาที่บาดเจ็บเอ็นไขว้หน้าจำเป็นต้องงดฝึกซ้อมหรือลงแข่งขันประมาณ 6 - 9 เดือน ตามระดับความรุนแรงของการบาดเจ็บ (Arendt and Dick, 1995) ทำให้นักกีฬาส่วนใหญ่เลือกวิธีการรักษาการบาดเจ็บที่เอ็นไขว้หน้าด้วยวิธีการผ่าตัดเพื่อฟื้นฟูความมั่นคงของข้อเข่าเพื่อให้กลับมาเล่นกีฬาได้เร็วที่สุด (Decker *et al.*, 2003) แต่เมื่อมีการศึกษาและติดตามผลภายหลังการผ่าตัด ทั้งระยะสั้นและระยะยาว พบว่า

15 - 25 เปอร์เซ็นต์ของผู้ที่ได้รับการผ่าตัดซ่อมแซมเอ็นไขว้หน้า ยังคงมีอาการเจ็บปวดและมีภาวะข้อเข่าขาดความมั่นคงอยู่เช่นเดิม (Barrett *et al.*, 1998)

เอ็นไขว้หน้าของผู้ชายและผู้หญิงสามารถรับแรงดึงได้สูงสุด 2,550 นิวตัน และ 1,687 นิวตัน ตามลำดับ (Stapleton *et al.*, 1998) กิจกรรมการเคลื่อนไหวในแต่ละรูปแบบส่งผลให้เกิดแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) ที่แตกต่างกัน โดย Shelburne และคณะ ในปี ค.ศ. 2004 รายงานว่าในการเดินตามปกติทำให้เกิดแรงดึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) ระหว่าง 150 ถึง 300 นิวตัน ขณะที่ Pflum และคณะ (2004) ได้ศึกษาแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าในข้อเข่าของผู้ที่เสียชีวิต พบว่าในขณะที่ร่างกายตกลงสู่พื้นหลังจากการกระโดดทำให้เกิดแรงดึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) ประมาณ 300 นิวตัน ส่วนการทำท่า forward lunge และ side lunge จะทำให้เกิดแรงดึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) ประมาณ 205 ถึง 765 นิวตันตามขนาดของมุมการงอเข่า (Escamilla *et al.*, 2010)

ในปัจจุบันสามารถหาปริมาณของแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) ได้หลายวิธีอาทิ ติดเครื่องมือวัดแรงดึงของเอ็นไขว้หน้าในคนปกติ อย่างไรก็ตามการทดลองในข้อเข่าของมนุษย์ที่มีชีวิตนั้นทำได้ยาก เนื่องจากต้องผ่าตัดติดอุปกรณ์ที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) ซึ่งอาจทำให้เนื้อเยื่อของข้อเข่าผิดปกติและเกิดอันตรายต่อกลุ่มตัวอย่างได้ ขณะเดียวกันการทดลองในร่างกายของผู้ที่เสียชีวิตก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถทำให้ทราบแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้า (Hashemi *et al.*, 2007) แต่การศึกษาโดยวิธีนี้ก็ยังมีข้อจำกัดเช่นเดียวกัน คือข้อมูลต่างๆที่ได้มาเกิดจากการเคลื่อนไหวที่ไม่เป็นธรรมชาติ หรือเหมือนจริงตามทักษะการเคลื่อนไหวนั้น

การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์แรงดึงในเอ็นไขว้หน้าของผู้มีชีวิตและจากการปฏิบัติจริงโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการเคลื่อนไหวของร่างกายที่ทำการบันทึกจากการเคลื่อนไหวของนักกีฬาเพื่อจำลองข้อเข่าและคำนวณหาแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) โดยที่ทำการศึกษากิจกรรมการเคลื่อนไหวที่มักส่งผลให้นักกีฬาเกิดการบาดเจ็บที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) ได้แก่ การวิ่งเปลี่ยนทิศทางของนักกีฬาฟุตบอล การกระโดดยิงประตูในกีฬาบาสเกตบอล และการสวิงกอล์ฟ ซึ่งพบอุบัติการณ์การบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า (ACL) ถึง 47 32 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Mallon and Callaghan, 1994; Huston *et al.*, 2000; Louw and Grimmer, 2006) ทั้งนี้ในปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลปริมาณของแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) ที่เกิดจากการเคลื่อนไหวเหล่านี้จากนักกีฬาที่ยังมีชีวิตงานวิจัยของ Pflum *et al.* (2004) และ Escamilla *et al.* (2010) ได้ทำการวิจัยในคนที่ยังมีชีวิต ดังนั้นการคำนวณหาปริมาณแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) ในขณะเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลง

ทิศทางในกีฬาฟุตบอล การกระโดดยิงประตูบาสเกตบอล และการสวิงกอล์ฟ จะทำให้ทราบว่า กิจกรรมเหล่านี้ทำให้นักกีฬามีโอกาสเกิดการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า (ACL) มากน้อยเพียงใด เนื่องจากถ้าแรงตึงที่เกิดขึ้นที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) มีค่ามากกว่าแรงตึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) จะรับได้ จะส่งผลให้เอ็นไขว้หน้าเกิดการบาดเจ็บหรือฉีกขาดได้

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณแรงตึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้าในการทำการเคลื่อนไหว 3 ลักษณะดังนี้ คือวิ่งเปลี่ยนทิศทางในนักกีฬาฟุตบอล กระโดดยิงประตูบาสเกตบอล และการสวิงกอล์ฟ
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณแรงตึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้าในขณะที่ทำการเคลื่อนไหวทั้ง 3 ลักษณะได้แก่ วิ่งเปลี่ยนทิศทาง กระโดดยิงประตูบาสเกตบอล สวิงกอล์ฟ เพื่อประเมินโอกาสเกิดการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าจากการปฏิบัติกิจกรรมดังกล่าว รวมทั้งนำค่าแรงตึงที่เอ็นไขว้หน้าที่ได้มาเป็นประโยชน์สำหรับการหาแนวทางป้องกันการบาดเจ็บไม่ให้เกิดขึ้นต่อไปในอนาคต

สมมติฐานการวิจัย

1. ปริมาณแรงตึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้าที่เกิดจากการเคลื่อนไหวทั้ง 3 กิจกรรมมีค่าแตกต่างกัน
2. ปริมาณของแรงตึงสูงสุดของเอ็นไขว้หน้าที่เกิดขึ้นจากทั้ง 3 กิจกรรมมีค่าน้อยกว่าที่จะทำให้เอ็นไขว้หน้าฉีกขาด

ตัวแปรในการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ กิจกรรมการเคลื่อนไหวในกีฬา 3 กิจกรรมได้แก่ วิ่งเปลี่ยนทิศทางในกีฬาฟุตบอล กระโดดยิงประตูบาสเกตบอล และกอล์ฟสวิงในกีฬากอล์ฟ

ตัวแปรตาม คือ ปริมาณแรงตึงในเอ็นไขว้หน้า

สถานที่และระยะเวลาทำงานวิจัย

สถานที่

ห้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหวสามมิติ ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ กระทรวงสาธารณสุข Sirindhorn national medical rehabilitation center (SNMRC) และ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะเวลาทำการวิจัย

เดือนสิงหาคม – เดือนธันวาคม 2556

นิยามศัพท์

Anterior Cruciate Ligament (ACL) คือเอ็นไขว้หน้าเป็นเอ็นที่อยู่ในข้อเข่าช่วยป้องกันกระดูกหน้าแข้ง (Tibia) เคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้กระดูกต้นขา (Femur)

ระนาบด้านข้าง (Sagittal plane) ของข้อเข่า หมายถึงระนาบที่แบ่งข้อเข่าเป็นด้านซ้ายและด้านขวา การเคลื่อนไหวที่อยู่ระนาบด้านข้างของข้อเข่า คือการเหยียดเข่า (Knee extension) และงอเข่า (Knee flexion)

ระนาบด้านหน้า (Frontal plane) ของข้อเข่า หมายถึงระนาบที่แบ่งข้อเข่าออกเป็นด้านหน้าและด้านหลัง การเคลื่อนไหวที่อยู่ในระนาบด้านหน้าของเข่าคือการหุบเข่า (Knee adduction) และกางเข่า (Knee abduction) โมเมนต์ของการหุบเข่า (Varus moment) และโมเมนต์การกางเข่า (Valgus moment)

ระนาบขวาง (Transverse plane) ของข้อเข่า หมายถึงระนาบที่แบ่งข้อเข่าออกเป็นด้านบนและด้านล่าง การเคลื่อนไหวที่อยู่ในระนาบขวางของเข่า คือการหมุนเข่า (Knee internal rotation) และหมุนออกของข้อเข่า (Knee external rotation)

วิ่งเปลี่ยนทิศทางในกีฬาฟุตบอล (Sidestep cutting) หมายถึง การเคลื่อนที่จากทางด้านหน้าของนักกีฬา โดยให้นักกีฬาฟุตบอลวิ่งด้วยความเร็วเต็มที่เมื่อถึงบริเวณที่ทำเครื่องหมายให้เปลี่ยนทิศทางเคลื่อนที่ไปทางด้านซ้ายโดยให้เท้าซ้ายเป็นเท้านำและเท้าขวาเป็นเท้าตาม

การกระโดดยิงประตูบาสเกตบอล หมายถึง จุดที่เก็บข้อมูล โดยให้นักกีฬาการกระโดดเสมือนจริงในการทำประตูบาสเกตบอล โดยนักกีฬาต้องวิ่งมายังบริเวณจุดกำหนดแล้วจึงกระโดดลอยตัวจากพื้นและลงสู่พื้น ทั้งนี้ให้เท้าของนักกีฬาทกลงสู่พื้น โดยที่ขาขวาตกลงบนแผ่นรับแรงปฏิกิริยา

การสวิงในกีฬากอล์ฟ หมายถึง การสวิงกอล์ฟโดยใช้หัวไม้ 1 โดยให้นักกีฬาอล์ฟสวิงแบบ modern swing

การตรวจเอกซเรย์

กายวิภาคศาสตร์ของข้อเข่า

ข้อเข่า (ภาพที่ 1) ประกอบด้วยส่วนปลายของกระดูกต้นขา (Femur) ส่วนต้นของกระดูกหน้าแข้ง (Tibia) และกระดูกสะบ้า (Patella) ที่วางตัวอยู่บนร่องปลายสุดของกระดูกต้นขา (Femur) นอกจากนี้ข้อเข่ายังถูกยึดด้วยเอ็นยึดข้อ ได้แก่ เอ็นไขว้หน้า (Anterior Cruciate Ligament) เอ็นไขว้หลัง (Posterior Cruciate Ligament) เอ็นไขว้ข้าง 2 เส้น (Medial and Lateral Collateral Ligament) และ Patella Tendon ซึ่งเป็นเอ็นกล้ามเนื้อต้นขาพาดผ่านกระดูกสะบ้ามาเกาะที่ด้านหน้าของกระดูกหน้าแข้ง (Tibial tuberosity) เอ็นเหล่านี้ทำหน้าที่ช่วยดูดซับแรงสะเทือนที่มากระทำต่อข้อเข่า ช่วยยึดข้อเข่า ช่วยเพิ่มความมั่นคง ซึ่งความมั่นคงของข้อเข่าเกิดจากการยึดของเอ็นยึดข้อ 4 เส้น ดังนี้

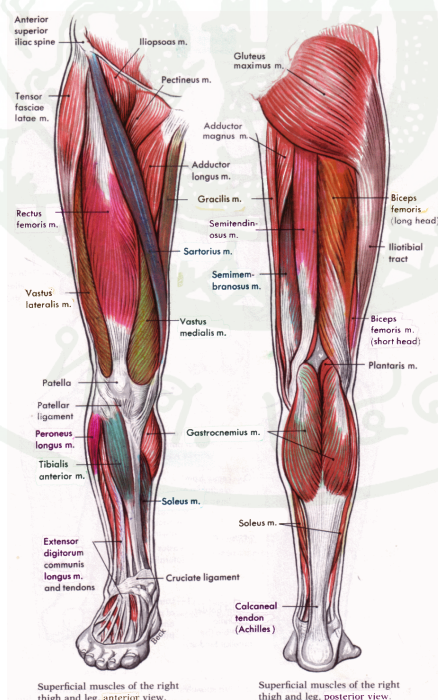
1. เอ็นไขว้ข้างด้านนอก (Lateral collateral ligament) ช่วยป้องกันไม่ให้เข่าหลวม เอียงออกด้านนอก
2. เอ็นไขว้ข้างด้านใน (Medial collateral ligament) ช่วยป้องกันไม่ให้เข่าหลวม เอียงเข้าด้านใน
3. เอ็นไขว้หน้า (Anterior cruciate ligament) ป้องกันไม่ให้เข่าหลวม เลื่อนไปด้านหน้า
4. เอ็นไขว้หลัง (Posterior cruciate ligament) ป้องกันไม่ให้เข่าหลวม เลื่อนตกไปด้านหลัง



ภาพที่ 1 แสดงกายวิภาคศาสตร์ของข้อเข่า ประกอบด้วยกระดูกต้นขา (Femur) กระดูกหน้าแข้ง (Tibia) และเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า (Anterior Cruciate ligament)

ที่มา: Department of Orthopaedic Surgery, University of Pittsburgh (2011)

กล้ามเนื้อบริเวณข้อเข่าประกอบด้วยกล้ามเนื้อทางด้านหน้า ได้แก่ Sartorius, Gracilis, Rectus femoris, Vastus medialis, Vastus intermedialis ทางด้านหลัง ได้แก่ Semitendinosus, Semimembranosus, Biceps femoris (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แสดงกล้ามเนื้อบริเวณข้อเข่าประกอบด้วยกล้ามเนื้อทางด้านหน้าและกล้ามเนื้อด้านหลัง
ที่มา: Smith (2014)

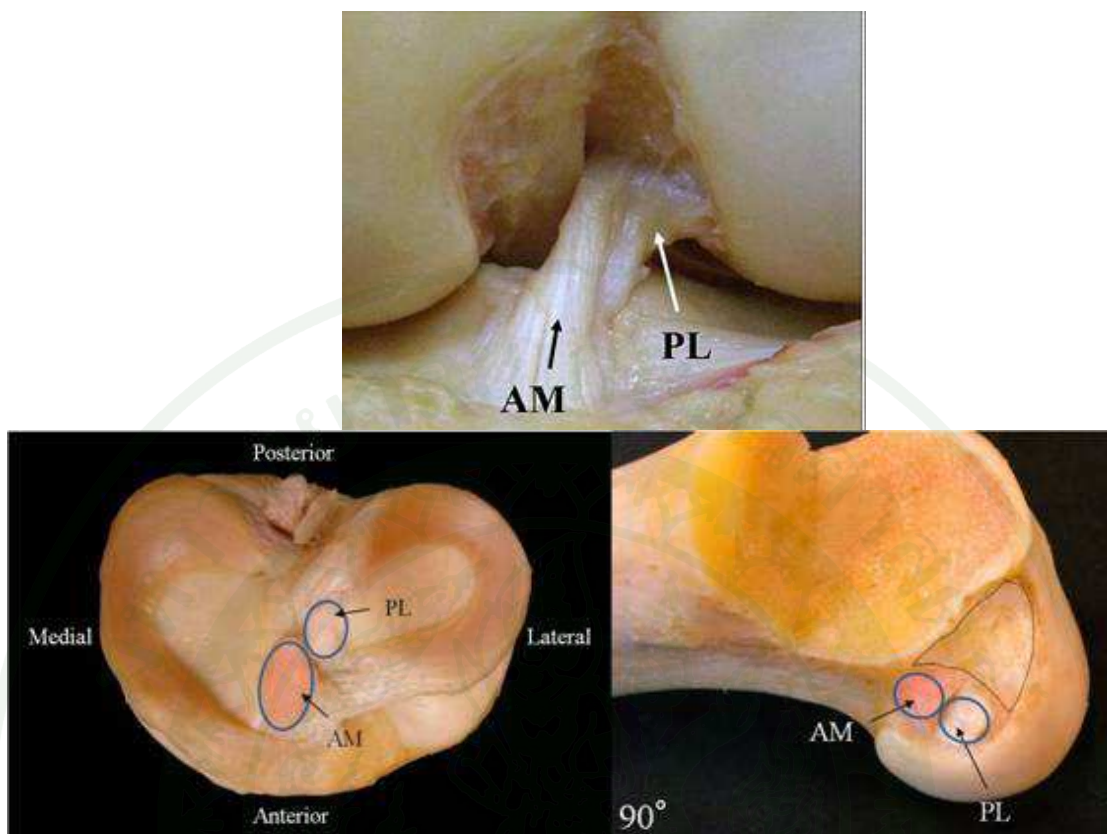
ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในการงอจะอยู่ในช่วง 0 - 135 องศา การเหยียดข้อเข่าอยู่ในช่วง 0 - 10 องศา ภาวะที่ทำให้ข้อเข่าเกิดการบาดเจ็บมักเกิดมาจากข้อเข่าเคลื่อนมากกว่าปกติ เช่น เข่าเหยียดจนแอ่นไปทางด้านหลังหรือด้านข้างมากเกินไป จะส่งผลให้เอ็นที่ยึดข้อเข่าฉีกขาดได้ โดยอาจจะมีอาการฉีกขาดเพียงเส้นเดียวหรือหลายเส้น

กายวิภาคศาสตร์ของเอ็นไขว้หน้า

เอ็นไขว้หน้าเป็นเอ็นยึดข้อที่อยู่ภายในข้อเข่า Intraarticular extrasynovial ligament จุดเกาะของเอ็นไขว้หน้าเริ่มจากทางด้านใน (Medial) ของ Lateral femoral condyle ไปเกาะกับ Intercondylar eminence ของ Tibia เอ็นไขว้หน้าประกอบไปด้วยสองมัดหลัก คือ Anteromedial Bundle ซึ่งมีขนาดเล็กและ Posterolateral Bundle ที่มีขนาดใหญ่กว่า (ภาพที่ 1 และ ภาพที่ 2) ซึ่งเอ็นไขว้หน้ามีความยาวประมาณ 25 - 41 มิลลิเมตรและมีความกว้างประมาณ 7 - 12 มิลลิเมตร เอ็นไขว้หน้าได้รับ Nerve supply จากส่วนของ Tibial nerve ในบริเวณ popliteal fossa และมีลักษณะเป็น Golgi tendon organ เพื่อจะทำหน้าที่รับ Proprioceptive sense

เอ็นไขว้หน้าเป็นเอ็นยึดข้อเข่าที่สำคัญ ช่วยทำให้ข้อเข่ามีความมั่นคงในขณะที่หมุนข้อเข่า (Rotational stability) โดยช่วยป้องกันไม่ให้กระดูก Tibia เคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้กระดูก Femur มากเกินไปทั้งนี้เอ็นไขว้หน้าจะตึงในขณะที่มีการเหยียดเข่า แรงบิดหมุนข้อเข่าที่รุนแรงอาจส่งผลให้เอ็นไขว้หน้าฉีกขาด และทำให้ข้อเข่าสูญเสียความมั่นคง ถ้าเอ็นไขว้หน้าเกิดการฉีกขาดและไม่ได้ได้รับการรักษา หมอนรองข้อเข่าหรือกระดูกอ่อนผิวข้อจะได้รับความเสียหายจนส่งผลให้ข้อเข่าเสื่อมได้

เอ็นไขว้หน้าประกอบไปด้วยมัดเส้นใยจำนวน 2 มัด ซึ่งมีชื่อเรียกตามตำแหน่งจุดเกาะบนกระดูก Tibia (ภาพที่ 3) คือ Anteromedial (AM) bundle ซึ่งเกาะบนกระดูก Tibia เยื้องมาทางด้านหน้าและเฉียงเข้าด้านในและ Posterolateral (PL) bundle เกาะบนกระดูก Tibia ทางด้านหลังเยื้องมาทางด้านนอก การแบ่งเอ็นไขว้หน้าออกเป็นสองมัดเส้นใยจากรูปแบบแรงดึงของมัดเส้นใย ในขณะที่ข้อเข่ามีการเคลื่อนไหวในลักษณะงอเหยียดที่แตกต่างกัน โดย Anteromedial (AM) bundle จะตึงเมื่อข้อเข่ามีเหยียดถึงช่วงแรกในการงอเข่าและป้องกันการเคลื่อนไปข้างหน้า เพื่อป้องกันไม่ให้กระดูก Tibia เคลื่อนไปข้างหน้ามากเกินไป ส่วน Posterolateral (PL) bundle จะตึงเมื่อมีการงอและหมุนเข่าเข้าด้านใน เพื่อสร้างความมั่นคงให้ข้อเข่า (Dargel *et al.*, 2007)



ภาพที่ 3 แสดงจุดเกาะต้นที่กระดูกต้นขา (Femur) และจุดเกาะปลายที่กระดูกหน้าแข้ง (Tibia) ของ Anteromedial (AM) bundle และ Posterolateral (PL) bundle

ที่มา: Department of Orthopaedic Surgery, University of Pittsburgh (2011)

Stapleton *et al.* ได้รายงานในปี ค.ศ. 1998 ว่าแรงดึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้าของเพศชายจะรับได้ มีค่าประมาณ 2,550 นิวตัน และแรงดึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้าของเพศหญิงจะรับได้ มีค่าประมาณ 1,687 นิวตัน และการเคลื่อนไหวข้อเข่านั้นจะทำให้เกิดแรงดึงที่ Anteromedial Bundle และ Posterolateral Bundle ไม่เท่ากัน โดย Posterolateral Bundle จะเกิดแรงดึงมากในช่วงการเหยียดเข่าแต่ Anteromedial Bundle มีแรงดึงมากในช่วงการงอเข่า ถ้าการเคลื่อนไหวในกิจกรรมใดทำให้เกิดแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้ามากกว่าแรงดึงสูงสุดของเอ็นไขว้หน้าจะรับได้ ย่อมส่งผลให้เอ็นไขว้หน้าเกิดการฉีกขาด

Shelburne *et al.* ได้รายงานในปี ค.ศ. 2004 ว่าแรงดึงสูงสุดของเอ็นไขว้ (Peak ACL Force) เกิดจากแรงดึงทางด้านหน้าของเอ็นสะบ้า (Patella Tendon) กับกระดูกหน้าแข้งทำให้เกิดแรงเฉือนไปทางด้านหน้า (Anterior Shear Force) ของข้อเข่า ทั้งนี้ในปี ค.ศ. 2008 Shimokochi and Shultz ได้

รวบรวมและรายงานถึงปริมาณแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าขณะทำกิจกรรมการเคลื่อนไหวต่างๆ ไว้ดังนี้ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของแรงดึงสูงสุดที่กระทำต่อเอ็นไขว้หน้า (Mean Peak ACL Loading) จากการจำลองทางคอมพิวเตอร์ในกิจกรรมต่างๆ

ผู้วิจัย	กิจกรรม	Mean Peak ACL Loading (N)	ช่วงเวลา
Morrison (2003)	เดิน	156	Stance Phase
Harrington et al. (2003)	เดิน	450	Stance Phase
Collins (2003)	เดิน	1000	Stance Phase
Shelburne & Pandy (2003)	ย่อ	200	Extension
Shelburne et al. (2003)	เดิน	303	Stance Phase
Pflum et al. (2003)	กระโดดลงสู่พื้น	253	40 ms หลังเท้ากระทบพื้น
Shin et al (2003)	กระโดดลงมายืน	210	40 ms หลังเท้ากระทบพื้น

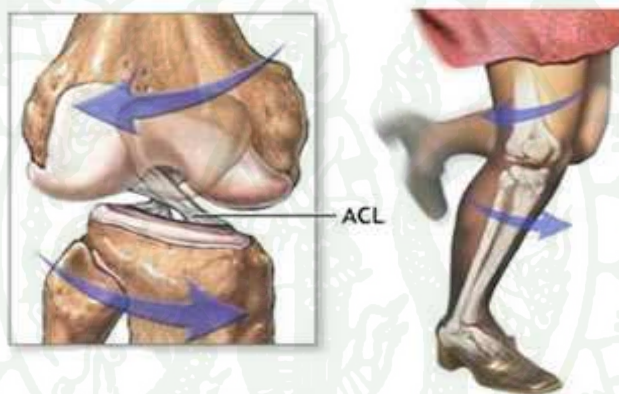
หมายเหตุ : ms หมายถึง มิลลิวินาที

ที่มา: Shimokochi and Shultz (2008)

การบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า

การบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า (Anterior Cruciate ligament injury) เป็นการบาดเจ็บที่พบได้บ่อยในทุกชนิดกีฬา โดยเอ็นไขว้หน้าจะบาดเจ็บในสถานะที่ข้อเข่าต้องเคลื่อนไหวมากกว่าปกติ เช่น ล้มเสียดลัก ถูกกระแทก แล้วทำให้เข่าเหยียดจนเข่าเอนไปทางด้านหลัง (Hyperextension) หรือด้านข้างมาก Starkey รายงานในปี ค.ศ. 2000 ว่าการบาดเจ็บของเอ็นข้อเข่าพบได้ 2.6 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้พบการบาดเจ็บของ medial collateral ligament บ่อยที่สุดคือประมาณ 47.4 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการบาดเจ็บของ Cruciate ligament พบได้บ่อยเป็นอันดับ 3 คือ 13.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าจากการเล่นกีฬาที่พบบ่อย คือฟุตบอล 47 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือบาสเกตบอล 32 เปอร์เซ็นต์ และกอล์ฟ 20 เปอร์เซ็นต์ (Mallon and Callaghan, 1994; Huston *et al.*, 2000; Louw and Grimmer, 2006)

Cross ได้รายงานในปี ค.ศ. 1998 ว่าการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าเกิดขึ้นได้ คือ การฉีกขาดของเอ็นไขว้หน้าที่เกิดจากแรงกระทำโดยตรง (Direct Force) ที่ข้อเข่า มีแรงกระทำต่อกระดูก tibia ทางด้านหลังในขณะที่กระดูก femur ยึดติดอยู่กับที่ หรือในทางกลับกันกระดูก tibia ยึดติดอยู่กับที่ แต่มีแรงกระทำต่อกระดูก femur โดยแรงนั้นอาจอยู่ห่างจากข้อเข่าหรืออยู่ใกล้ข้อเข่าก็ได้ การฉีกขาดของเอ็นไขว้หน้าที่เกิดจากแรงกระทำโดยทางอ้อม (Indirect Force) ที่ข้อเข่าโดยที่มีแรงจากการเคลื่อนไหวข้อเข่าที่ผิดปกติจนทำให้เกิดลักษณะข้อเข่าบิด (Twist) เช่น การวิ่งแล้วหยุดทันที การเปลี่ยนทิศทางทันทีทันใด หรือการกระโดดลงมาจากพื้นแล้วข้อเข่าบิด (ภาพที่ 4) เป็นต้น แรงบิดหรือแรงกระชาก จากการเคลื่อนที่เหล่านั้นนอกจากจะทำให้เอ็นไขว้หน้าฉีกขาดแล้ว อาจส่งผลให้เอ็นยึดข้อเข่าส่วนอื่นๆ ฉีกขาดและได้รับบาดเจ็บไปด้วย



ภาพที่ 4 รูปแบบการเคลื่อนไหวที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าโดยมีการงอเข่าร่วมกับการบิดหมุน (twist) ของข้อเข่า

ที่มา: Jpehler (2013)

Norcross *et al.* (2010) ได้ศึกษาถึงปัจจัยทางชีวกลศาสตร์ที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า โดยให้กลุ่มตัวอย่างกระโดดลงจากกล่องที่มีความสูง 30 เซนติเมตรแล้วพบว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าได้แก่ มุมการงอเข่า ลักษณะการโก่งคดของเข่า (Valgus) และเกิดแรงเฉือนบริเวณข้อเข่า ในขณะที่ Decker *et al.* (2003) ได้รายงานว่านักกีฬาบาสเกตบอลและวอลเลย์บอลเพศหญิง เมื่อกระโดดลงสู่พื้นจากความสูง 60 เซนติเมตร จะมีโอกาสเกิดการบาดเจ็บที่เอ็นไขว้หน้ามากกว่านักกีฬาชาย เนื่องจากนักกีฬาหญิงมีการงอเข่าร่วมกับการหมุนข้อเข่าเข้าด้านใน (internal rotation) ที่มากกว่านักกีฬาชาย โดยคิดเป็นร้อยละ 47 และ 41 ตามลำดับ

อาการแสดงของเอ็นไขว้หน้าฉีกขาด มีดังนี้

อาการในระยะแรกได้แก่ การมีข้อเข่าบวม เนื่องจากมีเลือดออกภายในข้อเข่า อาจมีอาการเกร็งของกล้ามเนื้อ ต่อมาผู้ป่วยจะรู้สึกข้อเข่าหลวม เข่าไม่มั่นคง มีอาการเข่าพลิกหรือข้อเข่าเคลื่อนออกจากกัน โดยเฉพาะเวลาบิดขา หรือเดินผิดท่าทาง ส่วนใหญ่จะไม่สามารถวิ่งซิกแซกได้ หรือวิ่งแล้วจะหยุดทันทีทันใดไม่ได้ เนื่องจากข้อเข่าจะเคลื่อนหรือหลุดได้ ผู้ป่วยมักมีการฉีกขาดของหมอนรองกระดูกข้อเข่าร่วมด้วย ในผู้ป่วยที่เอ็นไขว้หน้าฉีกขาดแล้วยังคงฝืนเล่นกีฬาต่อไป จะส่งผลให้มีอาการเจ็บบริเวณข้อเข่าหรือมีอาการข้อเข่าติดร่วมด้วย

ความรุนแรงของการฉีกขาดของเอ็นไขว้หน้า แบ่งได้เป็น 3 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 มีการฉีกขาดภายในเนื้อเยื่อของเอ็นไขว้หน้า แต่เอ็นไขว้หน้ายังไม่ยึดหรือขาดให้เห็นชัดเจน

ระดับที่ 2 เอ็นไขว้หน้าฉีกขาดบางส่วน

ระดับที่ 3 เอ็นไขว้หน้าฉีกขาดแยกออกจากกันทั้งหมด

1. การบาดเจ็บระดับ 1 (1st grade sprain: mild หรือ first-degree)

การบาดเจ็บในระดับนี้จะเกิดการฉีกขาดบางเส้นใยในส่วนของเอ็นไขว้หน้าและมีเลือดออกในบริเวณที่เกิดการฉีกขาดเล็กน้อย แต่ไม่ส่งผลให้สูญเสียการทำงานของเอ็นไขว้หน้า (Functional loss) และเอ็นไขว้หน้ายังคงมีความแข็งแรงอยู่ การบาดเจ็บในระดับนี้สามารถรักษาตามอาการ และหายได้เอง

2. การบาดเจ็บระดับ 2 (2nd grade sprain: moderate หรือ second-degree)

การบาดเจ็บในระดับนี้จะมีการฉีกขาดของเอ็นไขว้หน้าบางส่วน ทำให้สูญเสียการทำงานของเอ็นไขว้หน้า (functional loss) เช่นทำให้มีอาการเจ็บมากจนเดินลำบากหรือเดินไม่ไหว อาการแสดงจะมีอาการปวด บวม เจ็บ มีรอยเขียวช้ำชัดเจนต้องใช้เวลา 2-3 สัปดาห์จึงจะหายบวม

แต่ข้อเข่าจะยังคงมีความแข็งแรงมั่นคงอยู่ ดังนั้นผู้ป่วยจึงสามารถกลับไปเล่นกีฬาได้เหมือนเดิม หากรักษาได้ถูกต้องและรวดเร็วรวมถึงการระมัดระวังในการใช้ข้อเข่าในช่วงการรักษา โดยจะต้อง ทำกายภาพบำบัด รักษาการเคลื่อนไหวข้อต่อ มีการเสริมสร้างความแข็งแรงกล้ามเนื้อ และต้องรอ ให้เอ็นไขว้หน้าหายสนิทก่อนจึงกลับไปเล่นกีฬาได้ตามปกติ โดยทั่วไปจะใช้เวลารักษาประมาณ 6-10 สัปดาห์เอ็นไขว้หน้าที่บาดเจ็บจะเริ่มซ่อมแซมจนเกือบสมบูรณ์ และใช้เวลาประมาณ 4 เดือน เอ็นไขว้หน้าจึงจะหายสมบูรณ์ดี

3. การบาดเจ็บระดับ 3 (3rd grade sprain: severe หรือ third-degree)

การบาดเจ็บในระดับนี้ก่อให้เกิดการเสียหายของเอ็นไขว้หน้าที่ได้รับบาดเจ็บ เนื่องจากมีการฉีกขาดของเอ็นไขว้หน้าทั้งหมด (Complete tears) ซึ่งจะขาดที่ตัวเอ็นไขว้หน้าหรือ จุดเกาะเอ็นไขว้หน้ากับกระดูกก็ได้ ลักษณะการบาดเจ็บแบบนี้ทำให้ข้อต่อหลวม เกิดความไม่มั่นคงขึ้น (instability) การรักษาโดยมากมักจะต้องอาศัยการผ่าตัด ซึ่งการผ่าตัดมีหลายแบบตั้งแต่ ผ่าตัดเย็บซ่อม (primary repair) ไปจนถึงการผ่าตัดนำเนื้อเยื่อหรือวัสดุอื่นมาทดแทนเอ็นไขว้หน้า (reconstruction)

การตรวจวิเคราะห์เอ็นไขว้หน้า

การเคลื่อนไหวของข้อเข่าที่ผิดปกติสามารถตรวจได้จากการตรวจเฉพาะ คือ Anterior drawer test (ภาพที่5) โดยให้ผู้ป่วยอยู่ในท่านอนหงายและงอข้อเข่า 90 องศา ผู้ตรวจออกแรงดึง บริเวณกระดูกTibiaส่วนต้น ในขณะที่ยึดไม่ให้ผู้ป่วยขยับเท้าและไม่ให้มีการเกร็งกล้ามเนื้อรอบข้อ เข่า การตรวจ Anterior drawer test แปลผลเป็นบวกเมื่อกระดูก Tibia เลื่อนมาข้างหน้าได้มากกว่าข้อ เข่าอีกข้างหนึ่งซึ่งปกติ



ภาพที่ 5 การตรวจด้วยวิธี anterior drawer test ซึ่งเป็นการตรวจเฉพาะเพื่อยืนยันการฉีกขาดของเอ็นไขว้หน้า

การรักษาเอ็นไขว้หน้าฉีกขาด

1. การรักษาการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าระดับ 1 ทำได้โดยใช้หลักการ ” RICE” คือ

R = Rest คือการหยุดพักการเคลื่อนไหวที่ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บ

I = Ice คือการใช้ความเย็นประคบเพื่อลดปวด ลดบวม

C = Compression คือการพันหรือกดส่วนที่บาดเจ็บ

E = Elevation คือการยกขาสูงเพื่อช่วยลดการบวม

2. การรักษาการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า ระดับ 2 การรักษาออกเหนือจากการรักษาเบื้องต้น หากข้อเข่าบวมมากในช่วงแรกอาจต้องพันผ้ายึดไว้ในช่วงแรกเพื่อตรึงข้อเข่า (Immobilization) จากนั้นเมื่ออาการบวมลดลงก็สามารถใช้ knee brace หรือ knee support หรือ strapping เพื่อช่วยลดการเคลื่อนไหวหรือการลงน้ำหนักได้

3. การรักษาการบาดเจ็บระดับ 3 ที่ได้ประสิทธิผลมากที่สุด คือการผ่าตัด (ภาพที่ 6) เพื่อซ่อมสร้างเอ็นขึ้นใหม่แทนเอ็นไขว้หน้าที่ขาดสมบูรณ์ (ACL reconstruction) วัสดุที่นำมาทดแทนเอ็นไขว้หน้าจะเป็นชิ้นส่วนเนื้อเยื่อที่นำมาจากร่างกายผู้ป่วยเอง (Autograft) หรือนำมาจากร่างกายของผู้ที่เสียชีวิตแล้ว โดยเป็นชิ้นส่วนจากเอ็นกล้ามเนื้อ (Tendon) คือ Hamstrings Tendon, Quadriceps Tendon และ Patella Tendon ซึ่งงานวิจัยของ Brand *et al.* (2009) พบว่าภายหลังจากการผ่าตัดซ่อมแซมเอ็นไขว้หน้าแล้วนักกีฬาจำนวน 65-70 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่สามารถกลับไปเล่นกีฬาได้ในระดับเดียวกับก่อนการบาดเจ็บ



ภาพที่ 6 การผ่าตัดซ่อมแซมเอ็นไขว้หน้าโดยวิธีการส่องกล้อง (Arthroscopic surgery)

ที่มา: Schmidler (2010)

ซึ่งภายหลังจากการผ่าตัดผู้ป่วยจะได้รับการพันเข้าด้วยสำลีหนา แล้วรัดด้วยผ้ายึดให้แน่นเพื่อไม่ให้ข้อเข่าบวมประมาณ 3 – 4 วัน หลังจากนั้นให้ผู้ป่วยเริ่มบริหารกล้ามเนื้อหัวเข่าได้ การผ่าตัดสร้างเอ็นไขว้หน้าข้อเข่าสามารถช่วยแก้ปัญหาเรื่องข้อเข่าหลวมได้ดี แต่ต้องใช้เวลาประมาณ 8 เดือน กว่าชิ้นส่วนที่นำมาทดแทนเอ็นไขว้หน้าจะแข็งแรงพอที่จะทำให้นักกีฬาสามารถกลับมาเล่นกีฬาได้ แต่อย่างไรก็ตามวัสดุที่นำมาทดแทนเอ็นไขว้หน้าไม่แข็งแรงเท่าเอ็นไขว้หน้า

แต่อย่างไรก็ตาม Busfield *et al.* (2009) ได้รายงานว่านักกีฬาสเกตบอล NBA ที่เคยผ่าตัดเอ็นไขว้หน้าระดับรุนแรงจำนวน 22 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถกลับมาเล่นกีฬาได้อีกและนักกีฬาจำนวน 44 เปอร์เซ็นต์ สามารถกลับมาเล่นบาสเกตบอล ได้ดังเดิม แต่มีการลดลงของสมรรถภาพร่างกาย ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การผ่าตัดเพื่อซ่อมแซมเอ็นไขว้หน้าเป็นหนึ่งในทางเลือกที่ใช้เพื่อรักษาและบรรเทาการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าแต่ไม่ใช่ทางเลือกที่ดีที่สุดในการทำให้นักกีฬากลับมาใช้งานข้อเข่าได้เหมือนเดิม

การบาดเจ็บที่เอ็นไขว้หน้าในกีฬาฟุตบอล

การเคลื่อนไหวในลักษณะการวิ่งกลับตัว การเปลี่ยนทิศทางโดยทันทีทันใด (sidestep cutting) เป็นพื้นฐานการเคลื่อนไหวที่สำคัญของกีฬาฟุตบอล การเคลื่อนไหวด้วยทักษะที่ไม่ถูกต้อง หรือมีการทรงตัวที่ไม่ดีอาจส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บที่เอ็นไขว้หน้าได้ (ภาพที่ 7) การกลับตัวอย่างรวดเร็วของนักฟุตบอลในขณะที่ฝึกซ้อมหรือแข่งขันเกิดขึ้นได้ทุกสถานการณ์ เพื่อใช้สำหรับการหนีตัวประกบ หรือวิ่งหลอกไปรับลูกบอล ดังนั้นนักกีฬาจำเป็นต้องมีสมรรถภาพทางกายที่ดี โดยเฉพาะการทำงานของกล้ามเนื้อรอบข้อเข่าและเอ็นข้อต่อ

Dvorak and Junge ในปี ค.ศ. 2000 ได้ศึกษาอัตราส่วนการเคลื่อนไหวของกีฬาฟุตบอล พบว่ากีฬาฟุตบอล จะมีการวิ่งกลับตัวเปลี่ยนทิศทาง การเคลื่อนที่ร้อยละ 37 และโดยเฉลี่ยนักฟุตบอลแต่ละคนจะวิ่งกลับตัวประมาณ 58 ครั้งในหนึ่งเกมการแข่งขัน ซึ่งจากรายงานอุบัติการณ์การบาดเจ็บในนักฟุตบอล พบว่านักฟุตบอลอาชีพที่ประสบความสำเร็จล้วนแต่เคยได้รับการบาดเจ็บที่เอ็นไขว้หน้าเป็นจำนวนมาก การบาดเจ็บจากการเล่นกีฬาของนักกีฬาฟุตบอลจะเกิดขึ้นประมาณ 10 - 35 ครั้งต่อการแข่งขัน 1000 ครั้ง ซึ่งการบาดเจ็บที่พบมากที่สุด คือการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าที่มักเกิดจากการเปลี่ยนทิศทาง การเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วเพื่อหลบหลีกคู่แข่ง



ภาพที่ 7 นักฟุตบอลระดับทีมชาติ England Micheal Owen ที่ได้รับบาดเจ็บเอ็นไขว้หน้าจากการทำ sidestep cutting

ที่มา: The Daisy Cutter Football Newspaper (2012)

แรงที่กระทำต่อข้อเข่าในระนาบด้านข้าง (Sagittal plane) ส่งผลให้เกิดแรงกระทำที่เอ็นไขว้หน้าค่อนข้างมาก ซึ่งเป็นหนึ่งในกลไกการเคลื่อนไหวที่ส่งผลให้เอ็นไขว้หน้าฉีกขาด เช่นการทำ Sidestep cutting ในกีฬาฟุตบอล โดย McLean *et al.* ได้รายงานในปี ค.ศ. 2004 ว่าการทำ

SideStep cutting สามารถส่งผลให้เกิดการบิดของเอ็นไขว้หน้าได้ เนื่องจากการทำ SideStep cutting นักกีฬาจะมีการกางเข่า (Valgus) ร่วมด้วย ส่งผลให้มีแรงมากกระทำต่อข้อเข่าในระนาบด้านข้าง (Sagittal plane) ทำให้เกิดแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้ามากจนบิดขาดได้ Kristianslund *et al.* ในปี ค.ศ. 2014 ได้รายงานว่า ในขณะที่นักกีฬาทำ Sidestep cutting เมื่อปลายเท้าสัมผัสพื้น เข่าจะมีลักษณะกางออก (Valgus) ส่งผลให้เกิดโมเมนต์การกางเข่า (Abduction moment) ที่มาก ซึ่งมีความเสี่ยงสูงที่จะทำเอ็นไขว้หน้าเกิดการบิดขาดได้ นักกีฬาที่ทำ Sidestep cutting มี 2 ประเภท คือ ประเภทที่หนึ่ง เข่ามีการกางออก หมุนเข่าด้านในร่วมกับการงอเข่า และประเภทที่สอง เข่ามีการกางออก หมุนเข่าด้านใน ร่วมกับการเหยียดเข่า เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันระหว่าง 2 ประเภท พบว่า นักกีฬาที่ทำ Sidestep cutting แบบเข่ามีการกางออก หมุนเข่าด้านใน ร่วมกับการเหยียดเข่า จะมีโมเมนต์ในการกางเข่า (Abduction moment) มากกระทำมากจนอาจส่งผลให้เอ็นไขว้หน้าเกิดการบิดขาดได้

การบาดเจ็บในนักกีฬาสเกตบอล

กีฬาสเกตบอลเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมอย่างมากและแพร่หลายไปทั่วโลก นักกีฬาสเกตบอลต้องมีทักษะการเคลื่อนไหวที่ดีในการกระโดด การป้องกัน การทำคะแนน การเปลี่ยนทิศทาง การเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว รวมทั้งการหยุดการเคลื่อนไหวอย่างกะทันหัน นอกจากนี้ทักษะที่มีความจำเป็นต่อการแข่งขันสเกตบอลและทำทลายความสามารถของนักกีฬามากที่สุด คือการยิงประตู (Shooting) เนื่องจากทีมที่มีผู้เล่นยิงประตูได้แม่นยำกว่าย่อมมีโอกาสเป็นทีมชนะ ผลแพ้ชนะของกีฬาสเกตบอลขึ้นอยู่กับทีมยิงประตู

รูปแบบการทำคะแนน

ลักษณะการทำคะแนนในกีฬาสเกตบอลมีหลายประเภท ได้แก่ การยิงลูกโทษ (Free throw shot) การกระโดดยิงประตู (Jump shot) การยืนยิงประตู (Set shot) การยิงลูกหวัด (Hook shot) การเลี้ยงลูกบอลเข้าทำคะแนนใต้ห่วง (Lay up shot) และการเลี้ยงลูกบอลเข้าไปทำคะแนนกลางห่วง (Dunk shot) การทำคะแนนทุกแบบนี้จำเป็นต้องมีการกระโดดเพื่อเพิ่มแรงและให้ได้เปรียบในการแข่งขัน ดังนั้นลักษณะการลงสู่พื้นที่ถูกต้องภายหลังจากการกระโดดจึงเป็นสิ่งสำคัญในการหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บของข้อต่อต่างๆ



ภาพที่ 8 การกระโดดยิงประตูด้วยวิธี Jump Shot

ที่มา : Gosling (2009)

Dufek and Bate ในปี ค.ศ. 1990 และ Briner and Kacmar ในปี ค.ศ. 1997 พบว่านักกีฬาบาสเกตบอลมีการบาดเจ็บที่ข้อเข่าภายหลังจากที่ร่างกายตกลงสู่พื้นจากการกระโดดเป็นจำนวนมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Arendt and Dick ในปี ค.ศ. 1995 พบว่าตำแหน่งที่เกิดการบาดเจ็บมากที่สุดในักกีฬาบาสเกตบอลคือข้อเข่า โดยรูปแบบที่ร่างกายตกลงสู่พื้นภายหลังการกระโดดนั้นเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญต่อการบาดเจ็บของนักกีฬาบาสเกตบอล นอกจากนี้ Messina *et al.* ในปี ค.ศ. 1999 ได้รายงานเพิ่มเติมว่านักกีฬาบาสเกตบอลมีการบาดเจ็บที่ข้อเข่ามากกว่านักกีฬาประเภทอื่น ทั้งนี้ นักกีฬาหญิงมีการบาดเจ็บที่ ACL มากกว่านักกีฬาชายถึง 3.79 เท่ารวมทั้งมีโอกาสเกิดการบาดเจ็บในขณะที่แข่งขันมากกว่าในขณะที่ฝึกซ้อม

Louw and Grimmer ในปี ค.ศ. 2006 ได้เปรียบเทียบรูปแบบทางชีวกลศาสตร์ของการลงสู่พื้นของนักบาสเกตบอลที่มีการบาดเจ็บและไม่มีการบาดเจ็บในบริเวณเข่า โดยให้นักกีฬากระโดดยิงประตู (Jump shot) ผลการศึกษาพบว่า นักบาสเกตบอลที่ข้อเข่าไม่บาดเจ็บมีการงอเข่าในขณะที่ร่างกายกระทบพื้นมากกว่านักบาสเกตบอลที่ข้อเข่าบาดเจ็บอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการงอเข่าน้อยในขณะที่ลงสู่พื้นนั้นส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้ามากขึ้น ซึ่งการบาดเจ็บที่เอ็นไขว้หน้ามักเกิดจากการใช้งานของข้อต่อมากเกินไป หรือลงน้ำหนักที่ข้อเข่าในท่าที่ผิดปกติเป็นเวลานาน หรือมีแรงมากระทำที่ข้อเข่าเป็นจำนวนมากในเวลาอันรวดเร็ว จนทำให้เนื้อเยื่อของ

เอ็นบริเวณข้อเข่าอักเสบหรือเกิดการฉีกขาด นอกจากนี้การบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้ามักจะส่งผล กระทบให้เกิดการบาดเจ็บของข้อต่ออื่นของร่างกายได้อีกด้วย (Meeuwisse *et al.*, 2003)



ภาพที่ 9 ลักษณะของข้อเข่าที่มีการงอร่วมกับหุบเขาด้านในของนักกีฬาบาสเกตบอล ซึ่งเป็น ลักษณะกลไกการเคลื่อนไหวที่ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า
ที่มา: Tallan (2013)

Dufek and Bate ได้รายงานในปี ค.ศ. 1990 ว่าอุบัติการณ์การเกิดเอ็นไขว้หน้าฉีกขาดใน นักกีฬาบาสเกตบอลมักเกิดในขณะที่ร่างกายตกลงสู่พื้นภายหลังการกระโดดเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากกลไกการเคลื่อนไหวนี้จะทำให้มีแรงส่งไปยังกระดูก Tibia ร่วมกับมีแรงบิด (twist) เข่ากางออก (Valgus) และในบางรายที่มีเข่าเหยียดมากกว่าปกติร่วมด้วย จะส่งผลให้เกิดแรงเส้น (Strain) กับเอ็นไขว้หน้าในระดับสูงจนเสี่ยงต่อการฉีกขาดได้

Rojas *et al.* (2000) ได้รายงานว่าในขณะที่ร่างกายของนักกีฬาลอยตัวอยู่ในอากาศ นักกีฬา จะมีการปรับตำแหน่งข้อต่อของร่างกายให้มีลักษณะตั้งตรง เพื่อให้ได้เปรียบเรื่องความสูงในการ กระโดดปล่อยลูกบอล และหลบเลี้ยงคู่ต่อสู้ จึงทำให้ข้อเข่าเหยียด (Knee extension) ส่งผลให้เกิด แรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าเป็นปริมาณมาก

การบาดเจ็บในนักกีฬาอล์ฟ

กีฬาอล์ฟเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก โดยมีผู้คนทั่วโลกเล่นกีฬาอล์ฟประมาณ 35 ล้านคน (Milne and davis, 1992) กีฬาอล์ฟเป็นกีฬาที่สามารถเล่นได้ทุกเพศทุกวัย การเคลื่อนไหวหลักในกีฬาอล์ฟ คือการหมุน (rotation) ที่เรียกว่าการสวิง (swing) การสวิงเป็นท่าทางในการตีให้ลูกกอล์ฟเคลื่อนที่ออกไปตามตำแหน่งที่ต้องการ

รูปแบบท่าทางการสวิงนั้นมี 2 ลักษณะ คือ classic swing กับ modern swing แต่รูปแบบการสวิงที่ได้รับความนิยมมากในนักกีฬาอล์ฟระดับอาชีพคือ modern swing เนื่องจาก modern swing สามารถพาลูกกอล์ฟให้เคลื่อนที่ได้ระยะที่ไกลกว่า classic swing หัวไม้มีความเร็วในการกระทบลูกกอล์ฟมากกว่า classic swing ในอดีตจากการศึกษาของ Mallon and Callaghan (1994) พบว่าวงสวิงแบบ modern swing ทำให้ลูกกอล์ฟเคลื่อนที่ได้ระยะมากกว่า classic swing เฉลี่ยถึง 30-60 หลา การทำ modern swing จะมีการลากไม้กอล์ฟขึ้นในขณะที่มีการบิดแนวแกนข้อไหล่มากกว่าแนวแกนสะโพก โดยวางเท้าหน้าติดกับพื้นตลอดการตี ส่งผลให้สามารถลากไม้กอล์ฟกลับสู่ท่าเริ่มต้นได้ดีและสามารถตีกระทบลูกกอล์ฟได้คงที่มากขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างท่าตีแบบ classic swing กับ modern swing พบว่าการตีแบบ modern swing มีการเอียงตัวไปด้านข้างเพิ่มขึ้นในช่วงเริ่มลากไม้ลง (down swing) และมีการแอ่นหลังมากกว่าปกติ (hyperextension) ในช่วง down swing จะมีการบิดของไหล่และแอ่นหลังเพื่อสร้างแรงบิดที่มาก (torsion load) ทำให้เกิดพลังงานศักย์สะสมที่กล้ามเนื้อและข้อต่อเพื่อเพิ่มระยะและความเร็วในการตีลูกกอล์ฟ (Leadbetter and Kaspriske, 2007) ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการบิดเป็นเกลียวแล้วคลายออก การตีกอล์ฟแบบ modern swing นี้ทำให้มีแนวโน้มของการบาดเจ็บที่ข้อต่อได้ เพราะส่งผลให้เกิดแรงดึงที่เอ็นและข้อต่อโดยเฉพาะที่เอ็นไขว้หน้า



ภาพที่ 10 ทำยื่นลักษณะ Toe off ในการตีกอล์ฟแบบ modern swing ของนักกีฬาอาชีพ ซึ่งทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บเอ็นไขว้หน้า เนื่องจากการเหยียดเข้าร่วมกับหมุนเข้าเข้าด้านในของขาข้างที่ยึดตรึงกับพื้น

ที่มา: Wei (2008)

McHardy *et al.* ในปี 2006 ได้อธิบายถึงลักษณะการบิดหมุนข้อเข่าขณะนักกีฬาสวิงกอล์ฟ ในท่า Classic swing และ Modern swing ว่าการสวิงกอล์ฟที่ถูกต้อง ส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย ต้องไม่รับแรงกระแทกหรือแรงบิดที่มากเกินไป การสวิงกอล์ฟแบบ Modern swing นักกีฬาจะมีการงอเข้าขาข้างที่ยึดตรึงกับพื้น (knee flexion) ในขณะที่ Back swing หรือ up swing ส่วนในการทำ down swing และ follow through นักกีฬาจะเหยียดเข้า (Hyperextension) บิดเข้า (twist) ร่วมกับการหมุนเข้าเข้าด้านใน (internal rotation) ข้างที่ยึดตรึงกับพื้นและในการสวิงกอล์ฟแบบ Classic swing การเคลื่อนไหวข้อเข่าจะเกิดในรูปแบบเดียวกันกับ แต่ modern swing จะมีการบิดที่รุนแรงกว่า เนื่องจากฝ่าเท้าข้างที่ยึดตรึงกับพื้น ของนักกีฬาที่มีการสวิงกอล์ฟแบบ classic swing จะยึดตรึงกับพื้นในท่าเดิมตลอดช่วงการสวิง ในขณะที่ลำตัวนักกีฬามีการบิดเข้าตามวิถีลูกกอล์ฟ

การตีกอล์ฟเพื่อให้ลูกกอล์ฟลอยไปได้ระยะทางที่ไกล นักกอล์ฟจะเหยียดต้นขาและสะบัดเข้าอย่างรวดเร็วในขณะสวิงแบบ modern swing (ภาพที่10) เพื่อให้สามารถเพิ่มระยะการตีได้

40 - 60 หลา เมื่อมีแรงบิดหมุนที่ข้อเข่าอย่างรุนแรงก็จะทำให้เอ็นไขว้หน้าในขณะเหยียดเข่า (knee extension) เกิดการฉีกขาด และสูญเสียความมั่นคงของเข่าต่อไปในอนาคต

การตีกอล์ฟ เพื่อเพิ่มระยะให้ลูกกอล์ฟลอยไปได้ไกล นักกอล์ฟจำเป็นต้องเหยียดต้นขาและสะบัดเข่าอย่างรวดเร็ว ซึ่งส่งผลให้เกิดแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าเป็นจำนวนมาก เนื่องจากข้อเข่ามีการบิด (Twist) ร่วมกับมีการเหยียดเข่า (knee extension) และหมุนข้อเข่าอย่างแรง เอ็นไขว้หน้าจะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้กระดูก Tibia เคลื่อนไปทางด้านหน้ากระดูก Femur และช่วยรักษาความมั่นคงให้ข้อเข่า ซึ่งการเคลื่อนไหวในลักษณะนี้เป็นกลไกการเคลื่อนไหวที่ทำให้เอ็นไขว้หน้าเกิดการฉีกขาดได้

กีฬาที่ปลอดภัยกว่ากีฬาประเภทอื่น ที่มีการปะทะต่อสู้กันหรือมีการเคลื่อนไหวที่รวดเร็ว รุนแรงเกินไป แต่กอล์ฟก็เป็นกีฬาที่ผู้เล่นกอล์ฟมีอายุเฉลี่ยมากกว่ากีฬาประเภทอื่น ดังนั้นผู้เล่นกอล์ฟที่มีอายุมากขึ้นก็มักจะมีความเสี่ยงจากการบาดเจ็บเนื่องมาจากสภาพร่างกายที่เลวร้ายที่มีความแข็งแรงสมบูรณ์เต็มที่แล้ว สาเหตุการบาดเจ็บจากการสวิงกอล์ฟโดยทั่วไป มักเกิดจากการเตรียมสภาพร่างกายไม่พร้อมก่อนการเล่นกอล์ฟ มีการฝึกซ้อมมากเกินไป หรือน้อยเกินไป และที่สำคัญที่สุดลักษณะท่าทางการสวิงที่ไม่เหมาะสม ผิดท่า ผิดจังหวะ นักกอล์ฟอาชีพกับนักกอล์ฟสมัครเล่นมีโอกาสเกิดการบาดเจ็บที่แตกต่างกัน กล่าวคือเนื่องจากนักกอล์ฟอาชีพไม่มีปัญหาการบาดเจ็บจากการสวิงที่ไม่ถูกต้อง แต่มักเกิดจากการแข่งขันหรือการฝึกซ้อมที่มากเกินไป แต่สำหรับการบาดเจ็บของนักกอล์ฟสมัครเล่น มักเกิดจากวงสวิงที่ไม่เหมาะสม โดยจะพบการบาดเจ็บบริเวณหลัง 27 เปอร์เซ็นต์ ข้อเข่า 26 เปอร์เซ็นต์ มือและข้อมือ 16 เปอร์เซ็นต์ หัวไหล่ 9 เปอร์เซ็นต์ ข้อศอก 7 เปอร์เซ็นต์ คอ 3 เปอร์เซ็นต์ อื่นๆ 12 เปอร์เซ็นต์ (McHardy *et al.*, 2006)

ไทเกอร์ วู้ดส์ นักกอล์ฟระดับอาชีพ มีการบาดเจ็บที่ข้อเข่าซ้ายในปี ค.ศ.2007 (ภาพที่ 11) ผลวินิจฉัยพบว่ามีน้ำในข้อเข่าและมีการฉีกขาดของเอ็นไขว้หน้า สืบเนื่องมาจากการเคลื่อนไหวของไทเกอร์ วู้ดส์ ในลักษณะเหยียดเข่าซ้ายให้ตรง ร่วมกับหมุนเข่าซ้าย ในขณะที่มีการหมุนสะโพกอย่างรวดเร็ว เนื่องจากต้องการเพิ่มระยะทางการลอยของลูกกอล์ฟอีก 20 หลา ซึ่ง McHardy *et al.* ได้รายงานในปี ค.ศ. 2006 ว่าการที่ขาข้างหนึ่งของนักกีฬาที่ยืนค้ำอยู่กับพื้น ในขณะที่ลำตัวมีการบิดเพื่อตีลูกกอล์ฟ เข่าข้างที่ยึดค้ำกับพื้นจะมีการเหยียดมากกว่าปกติร่วมกับหมุนเข่าด้านใน ส่งผลให้ข้อเข่าเกิดการบิดอย่างรุนแรง เกิดเป็นความเสี่ยงสูงในการที่เอ็นไขว้หน้าฉีกขาดได้

หลังจากที่ไทเกอร์ วู้ดส์ได้รับการบาดเจ็บที่เอ็นไขว้หน้าจากกลไกการเคลื่อนไหวนี้ จึงได้รับการผ่าตัดส่องกล้อง (Arthroscopic surgery) หลังสิ้นสุดการแข่งขันในปี ค.ศ. 2002 เช่นเดียวกับ Ernie Els นักกอล์ฟระดับอาชีพที่ต้องเข้ารับการผ่าตัดส่องกล้อง จากการบาดเจ็บที่เอ็นไขว้หน้าจากการสวิงกอล์ฟในลักษณะเดียวกัน การบาดเจ็บที่เอ็นไขว้หน้าในกีฬากอล์ฟที่มีมากขึ้นนั้นมีสาเหตุมาจากการที่นักกีฬากอล์ฟเหยียดเข้าร่วมกับเหยียดสะโพก (knee extension and hip extension) เพื่อเพิ่มแรงส่งและเพิ่มระยะการตกของลูกกอล์ฟ (Reuters, 2009)



ภาพที่ 11 ไทเกอร์ วู้ดส์เกิดการบาดเจ็บที่เอ็นไขว้หน้าจากการสะบัดขาซ้ายให้เหยียดตรง ร่วมกับ หมุนเข้าซ้าย ในขณะที่มีการหมุนสะโพกอย่างรวดเร็ว

ที่มา: Wei (2008); Golf International (2008); Art Spander (2008)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. กล้องความเร็วสูงระบบอินฟราเรด 8 ตัว (VICON รุ่น MX3 Vicon Nexus, Inc., Oxford, UK)
2. โปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหวทางคอมพิวเตอร์ LifeMOD™ (Life Modeler, Inc California, USA)
3. โปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบสามมิติ Vicon Nexus (Vicon Motion, Inc., Oxford, UK)

วิธีการ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างนักกีฬาฟุตบอล นักกีฬาบาสเกตบอลและนักกีฬาอล์ฟ

ประชากร

กลุ่มประชากรเป็น นักกีฬาบาสเกตบอล นักกีฬาฟุตบอล นักกีฬาอล์ฟระดับมหาวิทยาลัย

กลุ่มตัวอย่าง

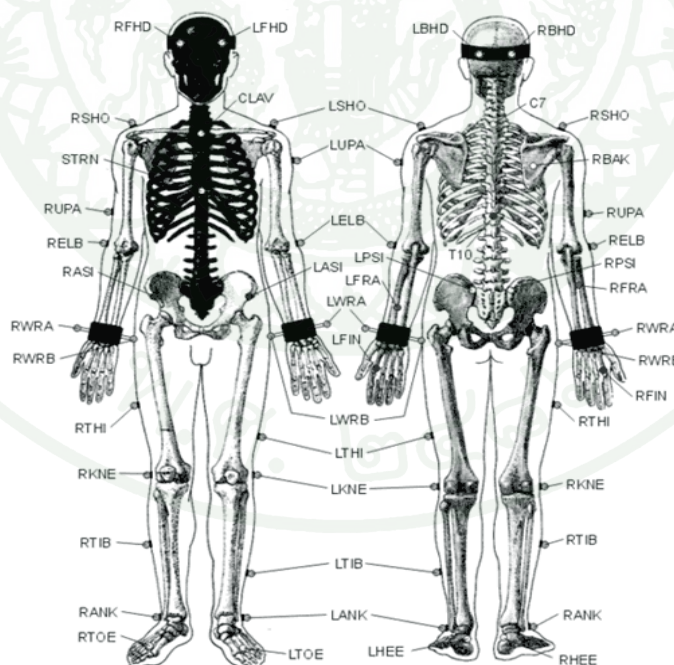
กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักกีฬาเพศชาย ได้แก่ นักกีฬาบาสเกตบอลระดับมหาวิทยาลัย 10 คน นักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัย 10 คน นักกีฬาอล์ฟระดับมหาวิทยาลัย 10 คน อายุระหว่าง 18 – 28 ปี มีประสบการณ์ในทักษะกีฬาอย่างน้อย 3ปี ทั้งนี้ นักกีฬาต้องไม่มีประวัติการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าและร่างกายท่อนล่างอย่างน้อย 6 เดือน โดยนักกีฬาฟุตบอลและนักกีฬาอล์ฟนัดทางด้านขวา

เครื่องมือและวิธีการวิจัย

ตั้งกล้องความเร็วสูงระบบอินฟราเรดจำนวน 8 ตัวรอบกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดความเร็วของการบันทึกภาพที่ 100 เฮิรท์ (Hz) จากนั้นจึงทำการบันทึกภาพการเคลื่อนไหวของนักกีฬาโดยให้ผู้ถูกวิจัยที่เป็นนักกีฬาบาสเกตบอลทำการกระโดดยิงประตู 10 ครั้ง ส่วนในนักฟุตบอลให้ทำการเคลื่อนที่แบบเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว (side step cutting) 10 ครั้งและในนักกีฬาอล์ฟให้ทำการสวิงกอล์ฟ (swing golf) 10 ครั้งเพื่อบันทึกภาพเคลื่อนไหวสำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

การบันทึกการเคลื่อนไหว

ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนจะทำการอบอุ่นร่างกาย (Warm up) เป็นเวลา 10 นาที ประกอบด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (stretching) หลังจากที่ผู้ถูกวิจัยทำการอบอุ่นร่างกายเสร็จจึงทำการติดวัตถุสะท้อนแสงบริเวณส่วนล่างของร่างกายตามตำแหน่งของ lower body plug in gait marker set (ภาพที่ 12) โดยตำแหน่งดังกล่าว มีดังนี้



ภาพที่ 12 ตำแหน่งของวัตถุสะท้อนแสงที่ติดตามร่างกายบริเวณที่กำหนดตาม Plug in Gait Marker Set

ที่มา: LifeModerler (2010)

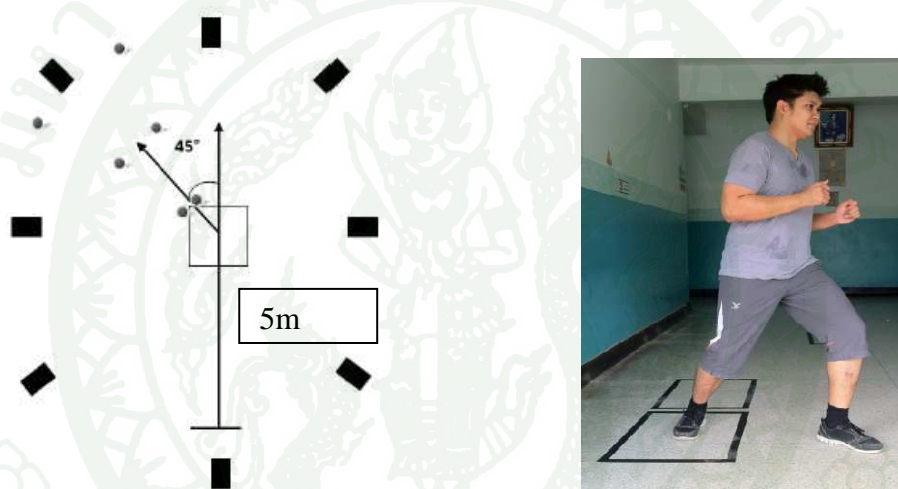
ตำแหน่งของวัตถุสะท้อนแสงที่ติดบริเวณร่างกายส่วนล่างตาม Plug in Gait Marker Set
ดังนี้

1. Anterior Superior Iliac Spine (ASIS)
2. Posterior Superior Iliac Spine (PSIS)
3. Thigh (THI)
4. Femoral Epicondyle (KNE)
5. Shank (TIB)
6. Calcaneus (HEE)
7. Lateral Malleolus (ANK)
8. Second Metatarsal (TOE)

กิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ทำการศึกษา

นักกีฬาฟุตบอล

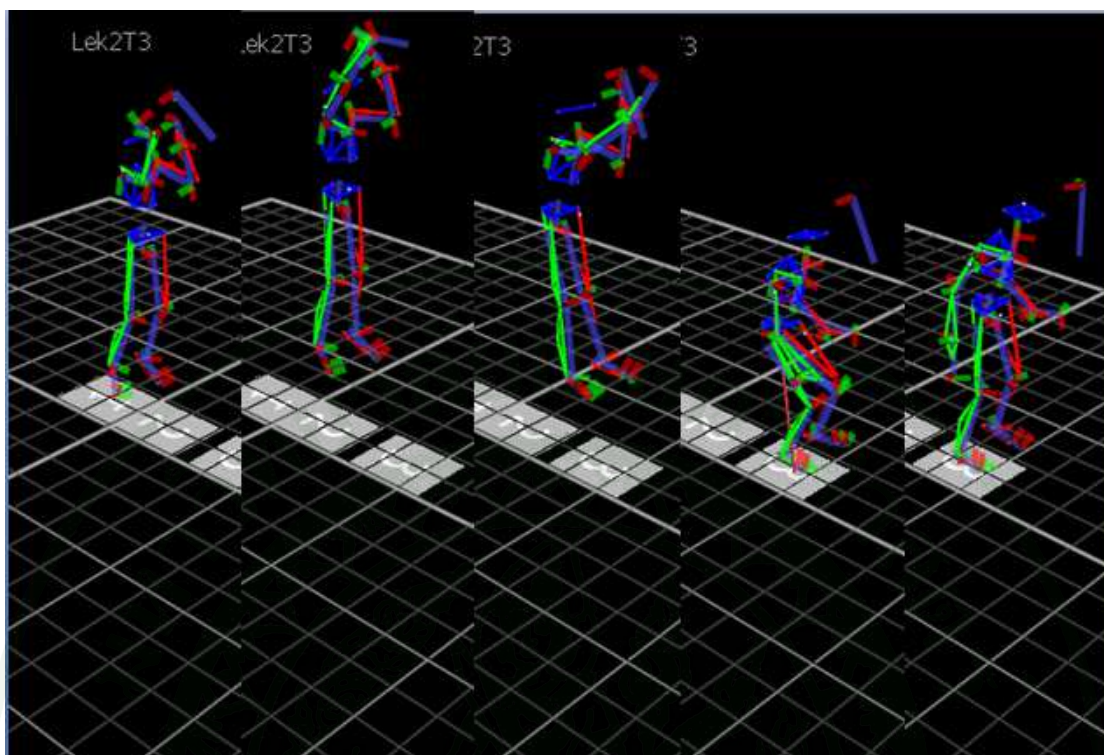
ให้นักกีฬาฟุตบอลวิ่งเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว (Sidestep cutting) ทั้งหมด 10 ครั้ง ดังแสดงในภาพที่ 13 ในแต่ละครั้งให้นักกีฬาฟุตบอลวิ่งทางตรงมาตามทิศทางที่กำหนดด้วยระยะทาง 5 เมตรวิ่งเร็วเต็มที่และให้เท้าขวาเหยียบบนแผ่นวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้น Force plate เมื่อเท้าขวาเหยียบบนแผ่นวัดแรงแล้วให้ทำการเปลี่ยนทิศทางการวิ่งไปทางด้านซ้ายอย่างรวดเร็ว การเคลื่อนไหวของนักกีฬาจะถูกบันทึกด้วยกล้องความเร็วสูง 8 ตัวที่ติดตั้งไว้รอบนักกีฬา



ภาพที่ 13 การเปลี่ยนทิศทางและการเคลื่อนไหวที่แบบ Sidestep cutting

นักกีฬาบาสเกตบอล

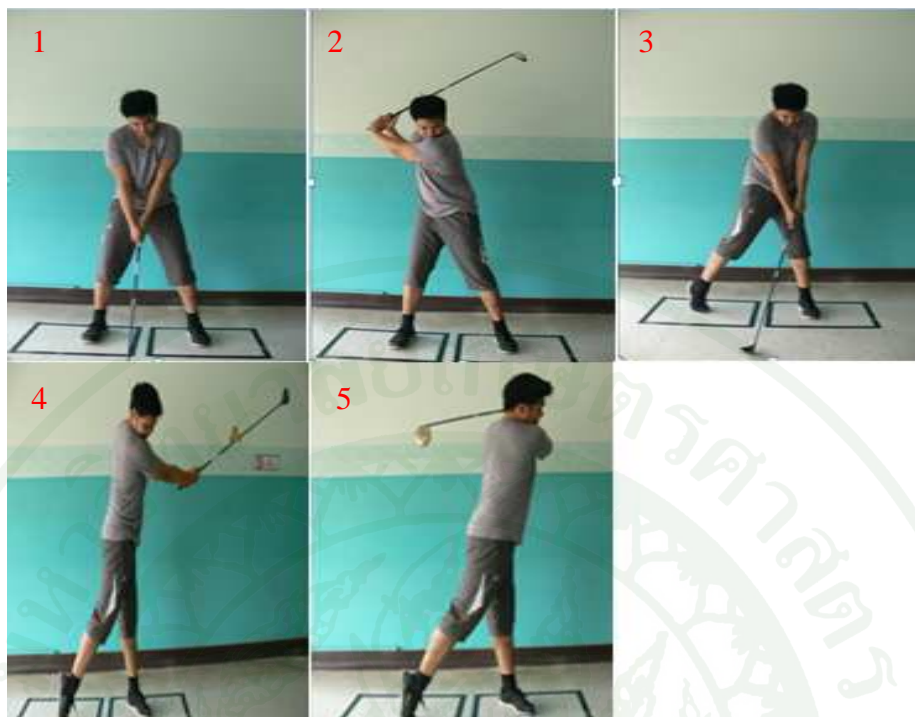
จำลองสถานการณ์จริงในการกระโดดยิงประตู (Jump shot) ของนักกีฬาบาสเกตบอล (ภาพที่ 14) โดยให้นักกีฬาบาสเกตบอลทำการวิ่งไปถึงจุดที่กำหนดแล้วทำการกระโดดยิงประตู 10 ครั้ง โดยไม่มีการพักระหว่างครั้ง และให้นักกีฬากระโดดยิงประตูให้สุดความสามารถ ซึ่งกล้องความเร็วสูงจำนวน 8 ตัวที่ติดตั้งไว้รอบตัวนักกีฬาจะทำการบันทึกท่าทางการกระโดดยิงประตูบาสเกตบอล



ภาพที่ 14 ภาพการเคลื่อนไหวแสดงลักษณะการยิงประตูในกีฬาบาสเกตบอล

นักกีฬาอล์ฟ

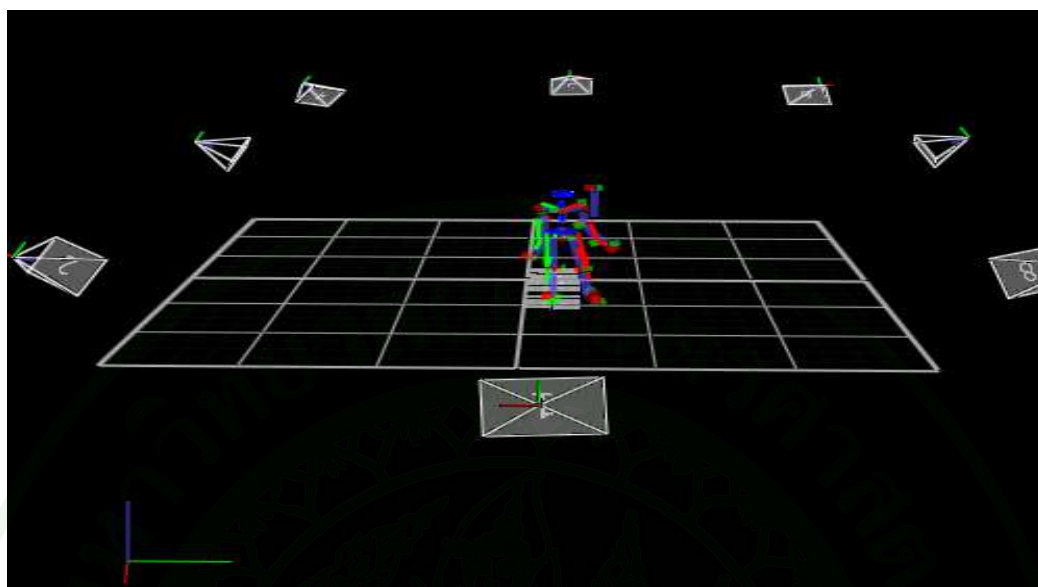
ให้นักกอล์ฟทำการทำสวิงกอล์ฟในท่า Modern Swing ด้วยหัวไม้หนึ่ง (Driver) ทั้งหมด 10 ครั้ง โดยมีวงสวิงทางด้านขวาและใช้แรงในการตีเต็มความสามารถ ทั้งนี้ไม่มีการพักระหว่างการสวิง บันทึกภาพเคลื่อนไหวด้วยกล้องความเร็วสูง 8 ตัวที่ติดตั้งรอบนักกีฬาอล์ฟ



ภาพที่ 15 ท่าการสวิงกอล์ฟในการทดลอง (จาก 1 ถึง 5 ตามลำดับ)

การวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหวและแรงปฏิกิริยาจากพื้น

พื้นที่ใช้ในการบันทึกภาพเคลื่อนไหวมีลักษณะเป็นทางวิ่ง ซึ่งมีกล้องบันทึกภาพการเคลื่อนไหวความเร็วสูงระบบแสงอินฟราเรด จำนวน 8 ตัว ล้อมรอบ (ภาพที่ 16) และบริเวณจุดกึ่งกลางทางวิ่งจะมีแผ่นวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้นฝังอยู่ 3 แผ่น ในการวิจัยนี้ ผู้เข้าร่วมวิจัยที่เป็นนักฟุตบอลทำกิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทางโดยให้วิ่งด้วยความเร็วเต็มที่ตามเส้นทางที่กำหนดเมื่อถึงจุดที่ทำเครื่องหมายบริเวณแผ่นวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้นให้ใช้ขาขวาเหยียบแผ่นวัดแรงข้างเดียวและเปลี่ยนทิศทางการวิ่งไปทางซ้ายอย่างรวดเร็ว นักกีฬาบาสเกตบอลต้องวิ่งมาตามเส้นทางที่กำหนดจนกระทั่งถึงแผ่นวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้นแผ่นที่ 1 แล้วจึงทำท่ากระโดดยิงประตูบาสเกตบอลให้เต็มความสามารถ และในขณะที่ร่างกายของผู้เข้าร่วมวิจัยตกลงสู่พื้นนั้น เท้าขวาจะต้องตกลงมาบนแผ่นวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้นแผ่นที่ 3 เพียงข้างเดียว เพื่อบันทึกปริมาณแรงปฏิกิริยาจากพื้นที่กระทำต่อขาขวา สำหรับนักกีฬา กอล์ฟให้ให้นักกีฬาอยู่ในท่าเตรียมพร้อมสวิง โดยเท้าข้างซ้ายวางบนแผ่นวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้นแผ่นที่ 1 ส่วนเท้าขวาวางอยู่บนแผ่นวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้นแผ่นที่ 2 ให้นักกีฬา กอล์ฟสวิงด้วยหัวไม้ 1 (Driver) เต็มที่ บันทึกปริมาณแรงปฏิกิริยาจากพื้นที่



ภาพที่ 16 ตำแหน่งการตั้งกล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหวความเร็วสูงระบบแสงอินฟราเรด จำนวน 8 ตัว และตำแหน่งการวางแผ่นวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้น และภาพโครงร่างของนักกีฬา

กล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหวความเร็วสูงระบบแสงอินฟราเรดจำนวน 8 ตัวที่ได้ถูกติดตั้งรอบบริเวณที่จะทำการวิ่งเปลี่ยนทิศทาง (sidestep cutting) กระโดดยิงประตู (Jump shot) และการสวิงกอล์ฟได้ถูกตั้งให้ทำการบันทึกภาพเคลื่อนไหวด้วยความเร็ว 100 ภาพต่อวินาที ทั้งนี้กล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหวจะเก็บสัญญาณภาพพร้อมกันกับ (Synchronize) แผ่นวัดแรงที่ทำการบันทึกแรงปฏิกิริยาจากพื้นที่เกิดขึ้นในขณะที่เท้าของผู้เข้าร่วมการวิจัยอยู่บนแผ่นวัดแรง ทั้งนี้ได้กำหนดให้แผ่นวัดแรงบันทึกแรงปฏิกิริยาจากพื้นด้วยความถี่ 1,000 เฮิร์ต (Hz) ทำการกำจัดสัญญาณรบกวน (noise) ที่เกิดขึ้นจากภาพเคลื่อนไหวที่บันทึกได้ รวมทั้งที่เกิดจากการบันทึกแรงปฏิกิริยาจากพื้นด้วยวิธี Woltring

จากนั้นจึงนำภาพการเคลื่อนไหวและปริมาณแรงปฏิกิริยาจากพื้นที่เกิดจากการวิ่งเปลี่ยนทิศทาง (sidestep cutting) จำนวน 10 ครั้ง กระโดดยิงประตู (Jump shot) จำนวน 10 ครั้งและการสวิงกอล์ฟในกีฬาอล์ฟจำนวน 10 ครั้ง มาคำนวณหาตัวแปรทางคินเนมาติกส์ (kinematics) และคินเนติกส์ (kinetics) ด้วยกระบวนการ Inverse Dynamics โดยใช้โปรแกรม Vicon Nexus (Vicon Motion Systems Ltd., Oxford, UK) ข้อมูลที่ได้จากกล้องบันทึกภาพและแผ่นวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้นจะประกอบไปด้วย พิกัดของข้อต่อ (Joint Position) และแรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground Reaction Force)

การหาปริมาณแรงดึงของเอ็นไขว้หน้า

ปริมาณแรงดึงของเอ็นไขว้หน้าจะคำนวณหาได้จากแบบจำลองร่างกายส่วนล่างและเอ็นไขว้หน้าสามมิติ โดยแบบจำลองสามมิตินี้จะถูกสร้างจากโปรแกรม LifeMOD™ โดยให้มีความเฉพาะเจาะจงตามขนาดร่างกายของผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน แบบจำลองร่างกายส่วนล่างและเอ็นไขว้หน้าของผู้เข้าร่วมวิจัย ประกอบไปด้วยกระดูกเชิงกราน ขาท่อนบน ขาท่อนล่าง และเท้า ทั้ง 2 ข้าง โดยกำหนดให้ข้อสะโพกและข้อเข่ามีการเคลื่อนไหวได้ทั้งหมด 6 รูปแบบ (6 degree of freedom) คือการเคลื่อนที่ (translation) 3 แกน และการหมุน (rotation) 3 แกน กำหนดให้ข้อเท้าเคลื่อนไหวเพียง 2 ระนาบ คือระนาบด้านข้าง (Sagittal plane) และระนาบด้านหน้า (Frontal plane) และกำหนดคุณสมบัติเชิงกล (mechanical properties) ของข้อต่อตามข้อมูลงานวิจัย ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของข้อต่อ ได้แก่ ความแข็ง (joint stiffness) และความหน่วง (damping) ของข้อเข่า ข้อสะโพก และข้อเท้า

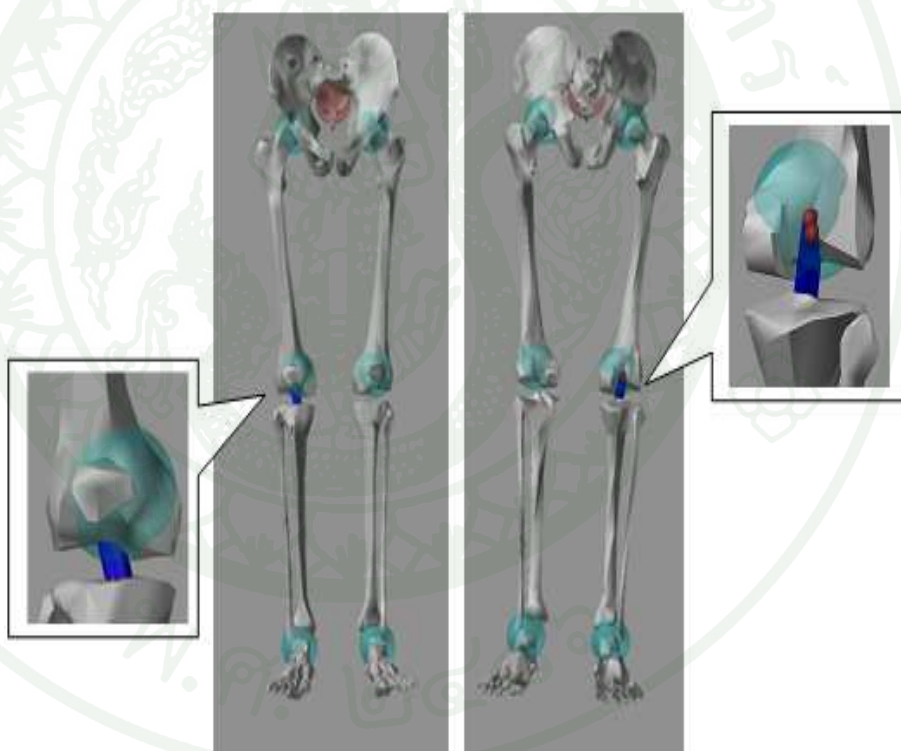
ข้อต่อ	ระนาบ	ความแข็ง	ความหน่วง
		(Nmm)	(Nms/rad)
ข้อเข่า	ด้านข้าง	22300	700
	แนวตั้ง	3400	700
	ด้านหน้า	14300	700
ข้อสะโพก	ด้านข้าง	70000	700
	แนวตั้ง	80000	800
	ด้านหน้า	150000	1500
ข้อเท้า	ด้านข้าง	40000	400
	แนวตั้ง	-	-
	ด้านหน้า	100000	1000

ที่มา: Blackburn *et al.* (2004); Zhang *et al.* (1998); Shultz *et al.* (2011)

เอ็นไขว้หน้าถูกจำลองให้ประกอบไปด้วย 2 มัดเส้นใยได้แก่ Anteromedial bundle และ Posterolateral bundle โดยผู้วิจัยจะวางตำแหน่งจุดเกาะต้นและจุดเกาะปลายของเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า

ซึ่งที่ต้องการศึกษาตามตำแหน่งของกายวิภาคศาสตร์และให้เหมาะสมกับแบบจำลองสามมิติของร่างกายท่อนล่างของผู้ร่วมวิจัยแต่ละคน

โดยจุดเกาะต้นที่กระดูกต้นขา Anteromedial bundle จะเกาะจากส่วนบน (proximal) ก่อนมาทางด้านหน้า (anterior) ของ lateral femoral condyle ส่วน Posterolateral bundle จะเกาะจากส่วนล่าง (distal) ก่อนมาทางด้านหลัง (posterior) ของ lateral femoral condyle สำหรับจุดเกาะปลายที่กระดูกหน้าแข้ง ทั้ง Anteromedial และ Posterolateral bundles จะเกาะอยู่ระหว่าง medial spine และ lateral spine ของกระดูกหน้าแข้ง โดยที่ Anteromedial bundle จะเกาะเฉียงไปทางด้านหน้าเข้ามาข้างใน ส่วน Posterolateral bundle จะเกาะเฉียงไปทางด้านหลังออกไปด้านนอก ดังแสดงในรูปที่ 17



ภาพที่ 17 แบบจำลองร่างกายส่วนล่างและเอ็นไขว้หน้าของผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ผู้วิจัยสร้างจากโปรแกรม LifeMOD™

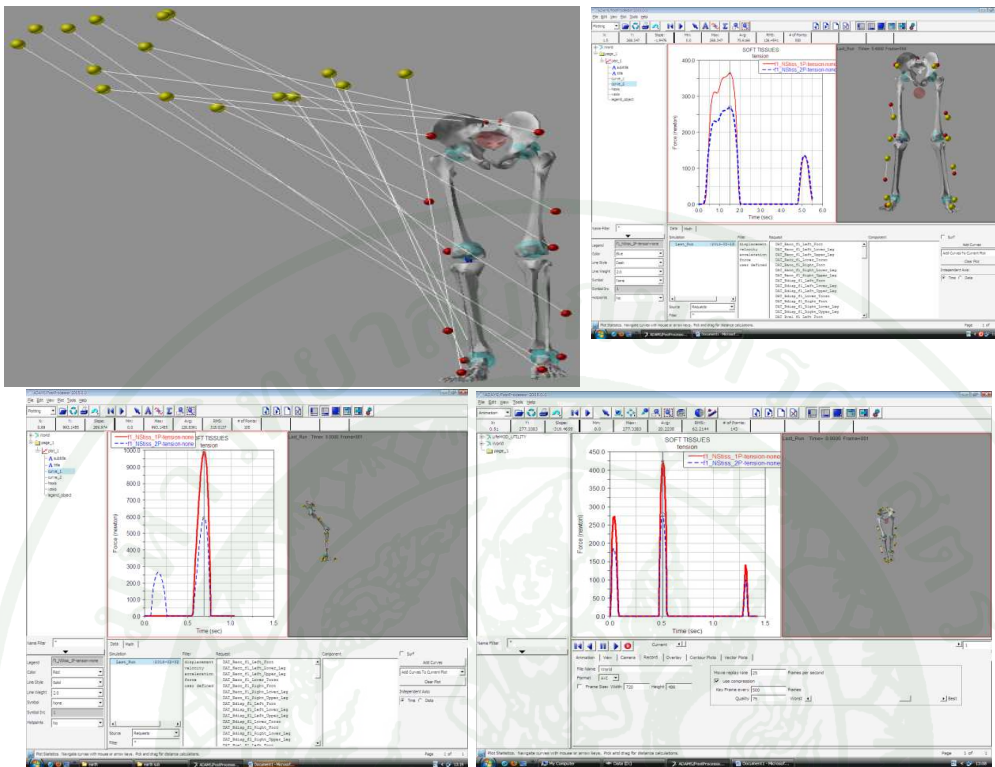
หลังจากที่จำลองข้อเข่าและเอ็นไขว้หน้าของผู้ร่วมวิจัยแต่ละคนเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจะใส่ค่าคุณสมบัติที่เอ็นไขว้หน้าของผู้ร่วมวิจัยแต่ละคน โดยใช้ข้อมูลเกี่ยวกับเส้นผ่าศูนย์กลาง ความแข็ง (Stiffness) และค่าความเครียดอ้างอิง (Reference Strain) ของแต่ละมัดเอ็นไขว้ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ค่าความแข็ง (Stiffness) และค่าความเครียดอ้างอิง (Reference Strain) ของ Anteromedial (AM) bundle และ Posterolateral (PL) bundle

เอ็นไขว้หน้า	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความแข็ง (นิวตัน/มิลลิเมตร)	ค่าความเครียด อ้างอิง
Anteromedial (AM) bundle	8.2	114	0.2
Posterolateral (PL) bundle	7.5	62	0.2

ที่มา: Harner *et al.* (1999)

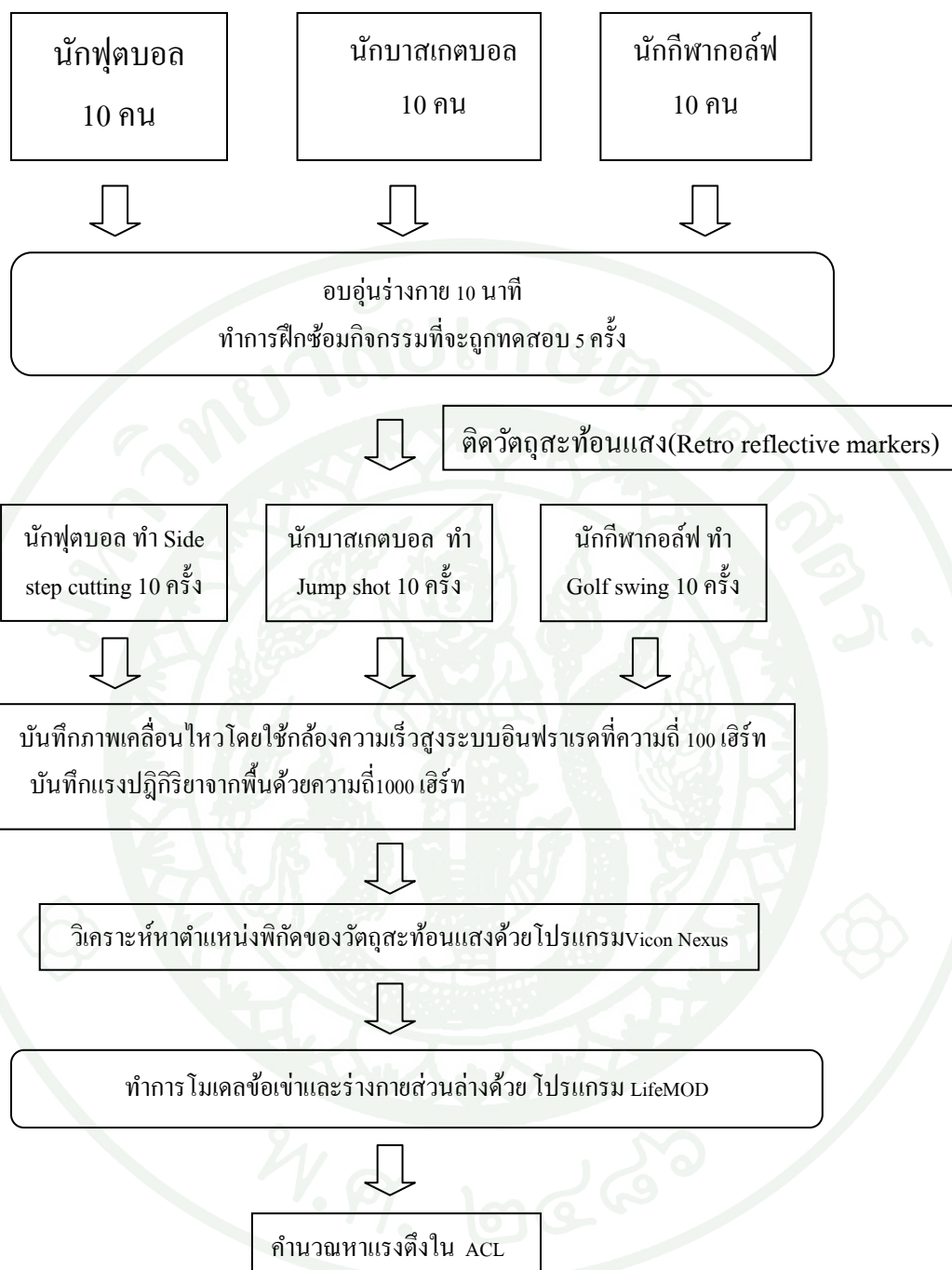
สุดท้ายข้อมูลตำแหน่ง 3 มิติของวัตถุสะท้อนแสงที่ติดอยู่บนร่างกายส่วนล่างของนักกีฬา และบันทึกได้จากกล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหวความเร็วสูงระบบอินฟราเรด จะถูกนำมาใส่ในแบบจำลองของร่างกายส่วนล่างที่สร้างไว้ (Integrate) เพื่อให้แบบจำลองมีการเคลื่อนที่เสมือนจริง (Simulation) ในกิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทาง กระโดดยิงประตูบาสเกตบอลและการสวิงกอล์ฟ เพื่อให้โปรแกรม LifeMOD™ คำนวณหาแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าของทั้ง Anteromedial bundle และ Posterolateral bundle (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 18 แสดงการหาปริมาณแรงดึงของเอ็นไขว้หน้าจากแบบจำลองสามมิติโดยโปรแกรม LifeMOD™

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. คำนวณค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของตัวแปรอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง
2. ทดสอบการกระจายแบบโค้งปกติ (Normal Distribution) ของตัวแปรที่ศึกษาด้วยสถิติ Kolmogorov Smirnov
3. ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ (Multivariate Analysis of variance) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของแรงดึงสูงสุดของเอ็นไขว้หน้า แรงปฏิกิริยาในข้อเข่าระหว่างชนิดกีฬา และใช้สถิติ Tukey เพื่อวิเคราะห์หาความแตกต่างเป็นรายคู่โดยกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



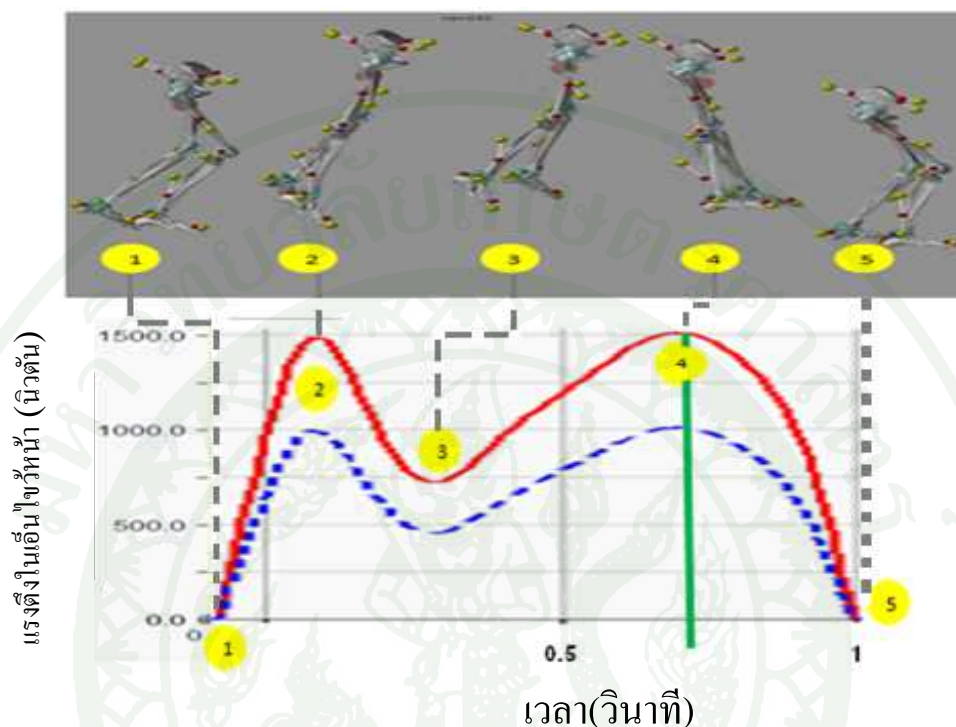
ภาพที่ 19 แผนภูมิการเก็บข้อมูลการวิจัย

ผลและวิจารณ์

ผล

- ตอนที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนไหวและแรงดึงของเอ็นไขว้หน้าที่เกิดขึ้นในขณะประกอบกิจกรรมกระโดดยิงประตูบาสเกตบอล การวิ่งเปลี่ยนทิศทาง และการสวิงกอล์ฟ
- ตอนที่ 2 ปริมาณแรงดึงสูงสุดของเอ็นไขว้หน้าในขณะประกอบกิจกรรมกระโดดยิงประตูบาสเกตบอล การวิ่งเปลี่ยนทิศทางและสวิงกอล์ฟ
- ตอนที่ 3 แรงปฏิกิริยาที่ข้อเข่าในกิจกรรมกระโดดยิงประตูบาสเกตบอล การวิ่งเปลี่ยนทิศทาง และสวิงกอล์ฟ

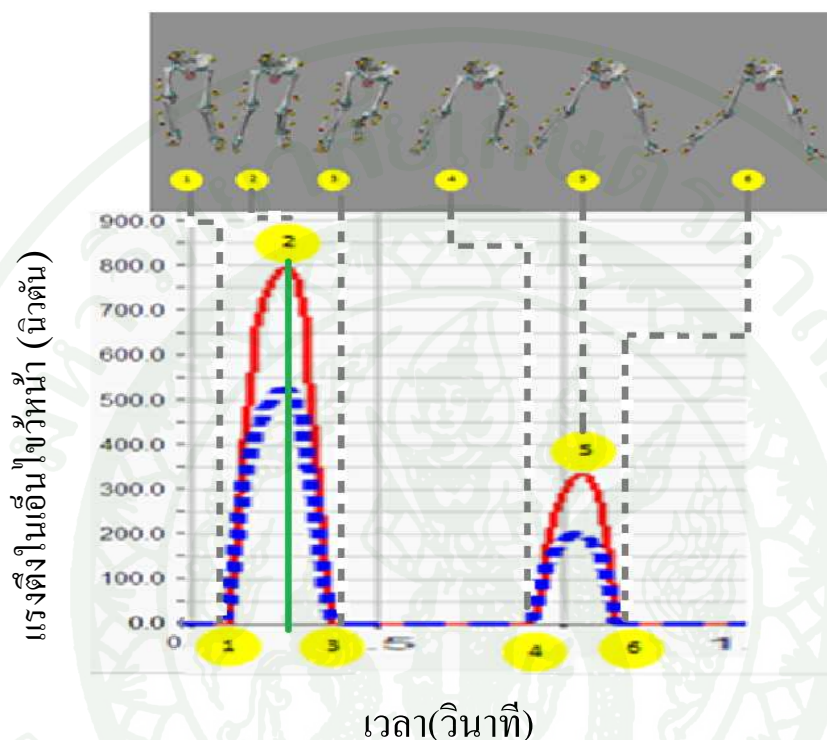
ตอนที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนไหวและแรงดึงของเอ็นไขว้หน้าที่เกิดขึ้นในขณะประกอบกิจกรรมกระโดดยิงประตูบาสเกตบอล การวิ่งเปลี่ยนทิศทางในกีฬาฟุตบอล และการสวิงกอล์ฟ



ภาพที่ 20 รูปแบบการเคลื่อนไหวของร่างกายตอนล่างขณะทำกิจกรรมกระโดดยิงประตูบาสเกตบอลและกราฟแสดงแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าของนักกีฬาบาสเกตบอลในแต่ละช่วงการเคลื่อนไหว (สีแดง: Anteromedial Bundle และ สีน้ำเงิน Postero-lateral Bundle)

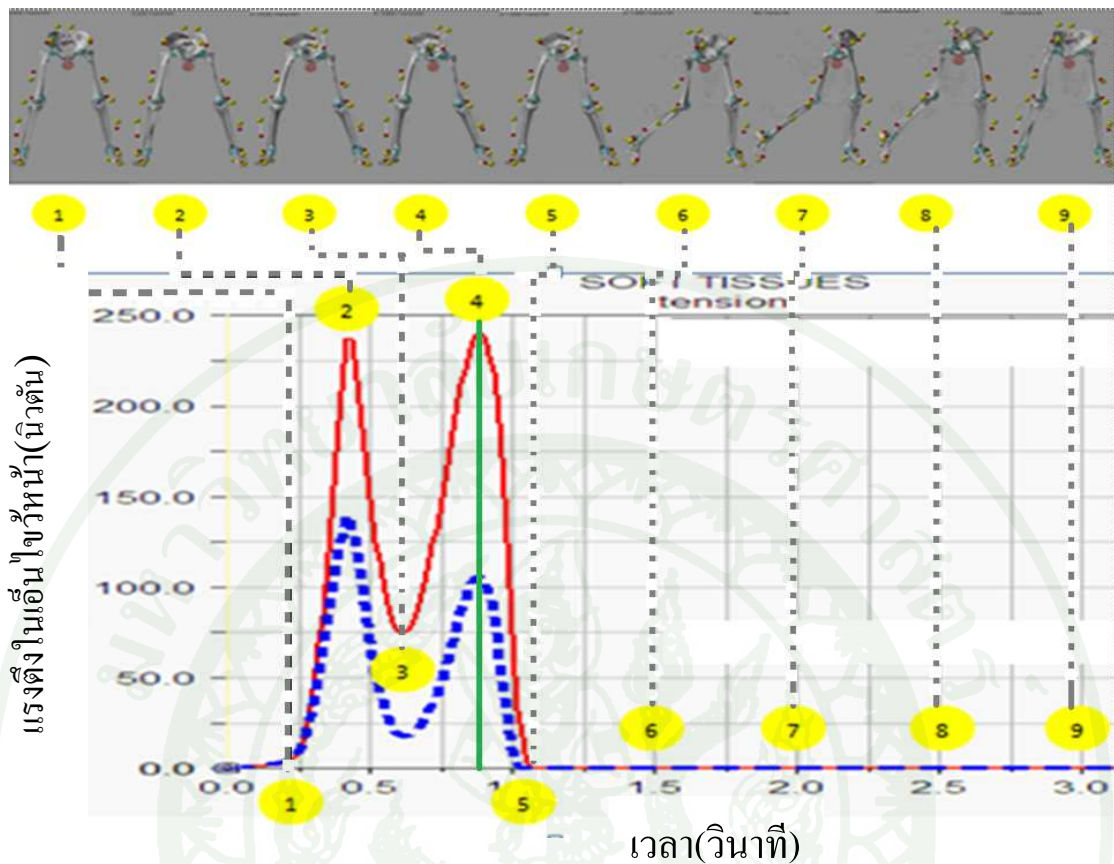
จากตัวอย่างการเคลื่อนไหวของร่างกายตอนล่างในขณะทำกิจกรรมกระโดดยิงประตูบาสเกตบอลและกราฟแสดงแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้า (Tensile Force of Anterior Cruciate Ligament) ของผู้เข้าร่วมวิจัย (ภาพที่ 19) ในแต่ละช่วงการเคลื่อนไหว (ภาพที่ 19) แสดงให้เห็นว่าในขณะที่ร่างกายลอยตัวอยู่ในอากาศ นักกีฬาเหยียดขา จากช่วงที่ 1 ถึง 2 ทำให้กราฟปรากฏค่าแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้ามากขึ้นและในขณะที่ยังลอยตัวอยู่นั้นนักกีฬางอขาในช่วงที่ 3 เพื่อสับขาไปทางด้านหลังจึงทำให้แรงดึงที่เอ็นไขว้หน้ามีค่าลดลงจนกระทั่งตัวลอยออกจากจุดสูงสุดของการกระโดดในช่วงที่ 4 นักกีฬาจึงเริ่มเหยียดขาเพื่อสับขาไปด้านหน้าอีกก่อนลงสู่พื้นจึงมีแรงดึงของเอ็นไขว้หน้าเพิ่มขึ้นในขณะที่ร่างกายกำลังตกลงสู่พื้น นอกจากนี้ยังพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงเวลาเดียวกับที่เข่าเหยียดมากที่สุด จากนั้นกราฟแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้า (Tensile Force of Anterior Cruciate Ligament) จึงลดลงจนร่างกายตกลงสู่พื้นอย่างสมบูรณ์โดยเข่ามีการงอเพิ่มขึ้น

เพื่อลดแรงกระแทกจากพื้น ลักษณะกราฟของแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าในมดไย Anteromedial Bundle และ Posteriolateral Bundle มีลักษณะเหมือนกันแต่แรงดึงที่ Posteriolateral Bundle มีค่าน้อยกว่า Anteromedial Bundle ตลอดช่วงของการกระโดด



ภาพที่ 21 รูปแบบการเคลื่อนไหวของร่างกายตอนล่างขณะทำกิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทาง (sidestep cutting) และกราฟแสดงแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าของนักกีฬาฟุตบอลในแต่ละช่วงการเคลื่อนไหว (สีแดง: Anteromedial Bundle และ สีน้ำเงิน Postereolateral Bundle)

จากตัวอย่างการเคลื่อนไหวของร่างกายตอนล่างขณะทำกิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทางและกราฟแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้า ของนักกีฬาฟุตบอลในแต่ละช่วงการเคลื่อนไหว (ภาพที่20) พบว่าในช่วงที่ 1 ถึง 3 เป็นช่วงที่นักกีฬาวางเท้าลงบนแผ่นวัดแรง เข่าเหยียดออกจึงทำให้แรงดึงของเอ็นไขว้หน้ามีปริมาณเพิ่มขึ้นจากนั้นในช่วงที่ 3 ถึง 4 นักกีฬาถีบเท้าออกจากแผ่นวัดแรงและงอเข่าจึงทำให้ไม่มีแรงดึงภายในเอ็นไขว้หน้า แรงดึงในเอ็นไขว้หน้าจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอีกครั้งในช่วงที่นักกีฬาเหยียดเข่าก่อนลงสู่พื้นในจังหวะก้าวต่อไป (ในช่วง 4 - 6) ลักษณะกราฟแรงดึงของ Anteromedial Bundle และ Postereolateral Bundle มีลักษณะเหมือนกัน แต่แรงดึงที่ Postereolateral Bundle มีค่าน้อยกว่า Anteromedial Bundle ตลอดช่วงของการเคลื่อนไหว



ภาพที่ 22 รูปแบบการเคลื่อนไหวของร่างกายตอนล่างขณะทำกิจกรรมสวิงกอล์ฟและกราฟแสดงแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าของขาข้างที่ยึดติดกับพื้น (สีแดง: Anteromedial Bundle และ สีน้ำเงิน Postero-lateral Bundle)

จากแบบจำลองเคลื่อนไหวของร่างกายตอนล่างขณะทำกิจกรรมสวิงกอล์ฟ แสดงให้เห็นว่าการสวิงกอล์ฟตั้งแต่เริ่มต้นเตรียมสวิงช่วงที่ 1 แรงดึงในเอ็นไขว้หน้าจะเกิดขึ้นในปริมาณที่น้อย Anteromedial Bundle และ Postero-lateral Bundle จะมีขนาดเท่ากัน จากนั้นแรงดึงในเอ็นไขว้หน้าของเท้าข้างที่ยึดติดกับพื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อถึงช่วงจังหวะการลากไม้ขึ้น (back swing) แรงดึงในเอ็นไขว้หน้าจะลดลงในช่วงที่ 3 ซึ่งเป็นจังหวะของการเริ่มลากไม้ลง (down swing) และแรงดึงในเอ็นไขว้หน้าจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงการลากไม้ก่อนถึงจังหวะที่ไม้กระทบลูก (Impact) ในช่วงที่ 4 ซึ่งขาซ้ายมีการเหยียดมากขึ้น มีการบิดหมุนเข้าข้างใน ทำให้กราฟปรากฏค่าแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าสูงขึ้นจนถึงจุดสูงสุด จากนั้นในช่วงการจบวงสวิง (follow through) ช่วงที่ 5 - 9 ขาซ้ายมีการงอเพิ่มขึ้นเพื่อลดแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าและป้องกันการบาดเจ็บ กราฟปรากฏแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าจึงลดลงจนเท่ากับศูนย์ ลักษณะการเกิดกราฟของเอ็นไขว้หน้าทั้งสองมัดได้แก่ Anteromedial Bundle

และ Postero-lateral Bundle มีลักษณะเดียวกันแต่แรงดึงที่ Postero-lateral Bundle มีค่าน้อยกว่า Antero-medial Bundle ตลอดช่วงของการเคลื่อนไหว



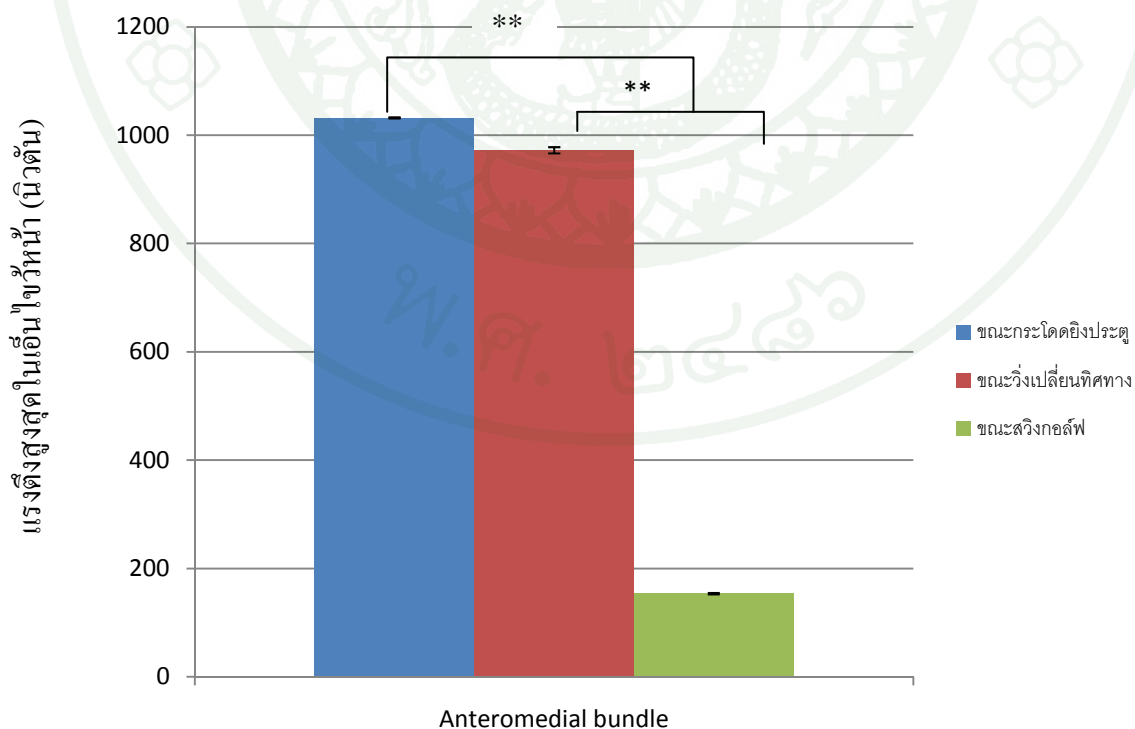
ตอนที่ 2 ปริมาณแรงดึงสูงสุดของเอ็นไขว้หน้าในขณะประกอบกิจกรรมกระโดดยิงประตู
บาสเกตบอล การวิ่งเปลี่ยนทิศทางและสวิงกอล์ฟ

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณแรงดึงสูงสุดของเอ็นไขว้หน้าในแต่ละกิจกรรม

แรงดึงสูงสุดของ เอ็นไขว้หน้า	ขณะกระโดดยิงประตู	ขณะวิ่งเปลี่ยนทิศทาง	ขณะสวิงกอล์ฟ	P_value
	$\bar{X} \pm S.D.$	$\bar{X} \pm S.D.$	$\bar{X} \pm S.D.$	
Anteromedial bundle (N)	1032.15 ± 362.24	972.47 ± 181.65	211.46 ± 41.08	0.000**
Posterolateral bundle (N)	683.57 ± 284.49	647.50 ± 169.94	41.08 ± 21.97	0.000**

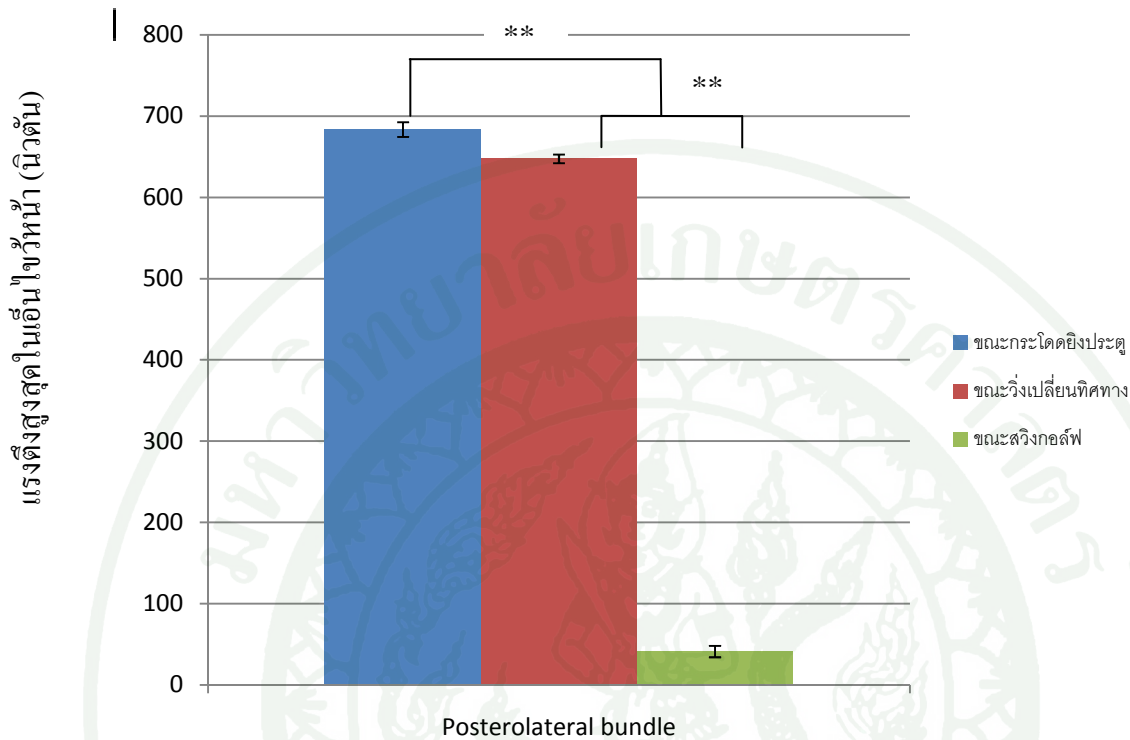
**p<0.001ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ MANOVA

ภาพที่ 23 กราฟแรงดึงสูงสุดของเอ็นไขว้หน้าในมัดใย Anteromedial bundle และ Posterolateral
bundle



** P<0.001 จากการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วย Tukey

ภาพที่ 24 กราฟแรงดึงสูงสุดของเอ็นไขว้หน้าในมัดใย Posterolateral bundle



$P < 0.001$ จากการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วย Tukey

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าแรงดึงสูงสุดในเอ็นไขว้หน้าของมัดใย Anteromedial bundle มีค่ามากกว่า Posterolateral bundle ในทุกชนิดกิจกรรมกีฬานอกจากนี้แรงดึงสูงสุดใน Anteromedial bundle มีค่าสูงสุดในขณะทำกิจกรรมกระโดดถึงประตูบาสเกตบอล รองลงมาคือการวิ่งเปลี่ยนทิศทางและขณะสวิงกอล์ฟตามลำดับ ในขณะที่แรงดึงสูงสุดของมัดใย Posterolateral bundle มีความสอดคล้องกับปริมาณแรงดึงในมัดใย Anteromedial bundle คือพบว่าแรงดึงในมัดใย Posterolateral bundle มีค่าสูงสุดในขณะทำกิจกรรมกระโดดถึงประตูบาสเกตบอล รองลงมาคือการวิ่งเปลี่ยนทิศทางและขณะสวิงกอล์ฟตามลำดับเช่นกัน

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบแรงปฏิกิริยาที่ข้อเข่าในขณะทำสัมผัสพื้นหลังจากกระโดดยิงประตู บาสเกตบอล วิ่งเปลี่ยนทิศทางในกีฬาฟุตบอลและในการสวิงกอล์ฟ

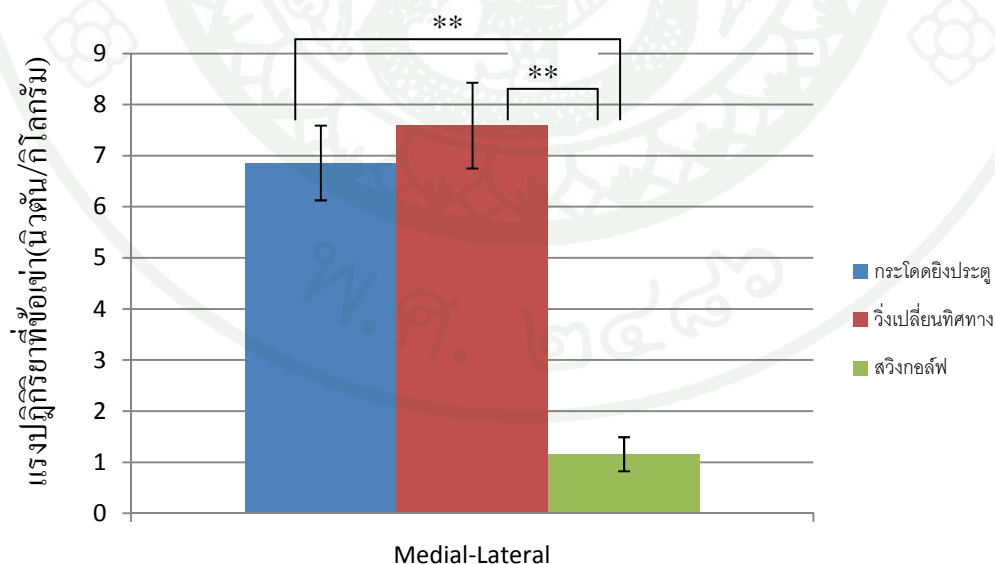
แรงปฏิกิริยาที่ข้อเข่า ตกลงสู่พื้นหลังจากกระโดดยิง วิ่งเปลี่ยนทิศทาง สวิงกอล์ฟ (นิวตัน/กิโลกรัม)	ประตู			P_value
	$\bar{X} \pm S.D.$	$\bar{X} \pm S.D.$	$\bar{X} \pm S.D.$	
Medial-Lateral	6.86 \pm 2.30	7.59 \pm 2.65	1.16 \pm 1.05	0.000**
Anterior-Posterior	0.13 \pm 1.18	-0.68 \pm 1.44	1.85 \pm 0.92	0.017*
Proximal-Distal	-6.32 \pm 5.90	-7.12 \pm 5.81	-6.68 \pm 2.66	0.940

** P < 0.001 ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ MANOVA

หมายเหตุ : แรงปฏิกิริยาเป็นบวก หมายถึง (+) Medial, Anterior, Proximal

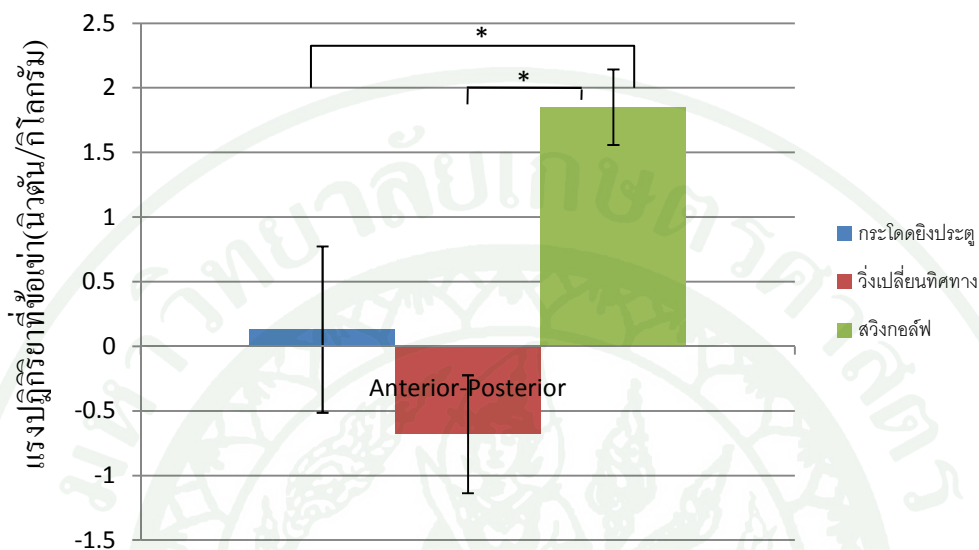
แรงปฏิกิริยาเป็นลบ หมายถึง (-) Lateral, Posterior, Distal

ภาพที่ 25 กราฟค่าสูงสุดของแรงปฏิกิริยาที่ข้อเข่าในแต่ละกิจกรรมกีฬาในแกนด้านในด้านนอก (Medial -Lateral)



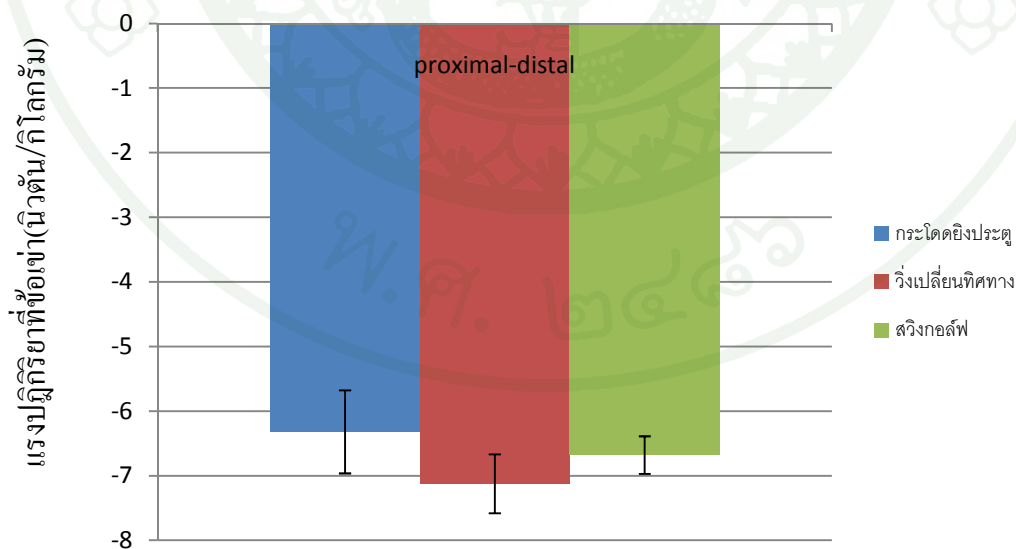
** P < 0.001 จากการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วย Tukey

ภาพที่ 26 กราฟค่าสูงสุดของแรงปฏิกิริยาที่ข้อเข่าในแต่ละกิจกรรมกีฬาในแกนหน้าหลัง (Anterior-Posterior)



** P < 0.001 จากการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วย Tukey

ภาพที่ 27 กราฟค่าสูงสุดของแรงปฏิกิริยาที่ข้อเข่าในแต่ละกิจกรรมกีฬาในแกนบนล่าง (Proximal Distal)



** P < 0.001 จากการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วย Tukey

หมายเหตุ ค่าบวกหมายถึง (+) Medial, Anterior, Proximal

ค่าลบหมายถึง (-) Lateral, Posterior, Distal

การกระโดดลอยตัวในอากาศขณะยิงประตูบาสเกตบอล การวิ่งเปลี่ยนทิศทางทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาที่ผลักเข้าเข้าด้านในและกดเข่าลงมากกว่าแรงปฏิกิริยาที่ผลักเข้าไปทางด้านหน้าในขณะที่กิจกรรมสวิงกอล์ฟทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาในการกดเข่าลงมากกว่าแรงปฏิกิริยาในแกนอื่นๆ

เมื่อเปรียบเทียบแรงปฏิกิริยาในข้อเข่าระหว่างกิจกรรมต่างๆพบว่าการกระโดดลอยตัวในอากาศ กับการวิ่งเปลี่ยนทิศทางทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาที่ผลักเข้าเข้าด้านในมากกว่ากิจกรรมสวิงกอล์ฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



วิจารณ์

ปริมาณของแรงดึงสูงสุดในเอ็นไขว้หน้า

จากข้อมูลการเคลื่อนไหวและแรงปฏิกิริยาที่ข้อเข่าพบว่าในแต่ละกิจกรรมมีลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อเข่าที่ต่างกัน อาทิการกระโดดยิงประตูการวิ่งเปลี่ยนทิศทางข้อเข่าจะมีการงอและเหยียดร่วมกับมีแรงกระทำให้หุบเข่า (Valgus) ส่วนการสวิงกอล์ฟจะมีการงอเหยียดเข่าร่วมกับบิดเข่า (Twist) จากท่าทางเหล่านี้จึงทำให้ค่าแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าของAnteromedial Bundle มีค่ามากกว่า Posterolateral Bundle เพราะจากหน้าที่การทำงานพบว่า Anteromedial Bundle (AM) จะเกิดแรงดึงเมื่อข้อเข่าเหยียดออกและมีการเลื่อนไปข้างหน้าเพื่อป้องกันไม่ให้กระดูก Tibia เลื่อนไปข้างหน้ามากเกินไป ส่วน Posterolateral Bundle (PL) จะดึงเมื่อมีการเหยียดและหมุนเข่าเข้าด้านในเพื่อสร้างความมั่นคงให้ข้อเข่า ในขณะที่ทำกิจกรรมกระโดดยิงประตูบาสเกตบอล ทำให้เกิดแรงดึงในเอ็นไขว้หน้ามากกว่าการทำกิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทาง และสวิงกอล์ฟ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในขณะที่นักกีฬาบาสเกตบอลลอยตัวอยู่ในอากาศนั้นนักกีฬามีการสับัดหน้าแข็งไปทางด้านหน้าจึงทำให้แรงดึงของ ACL มีค่ามากขึ้น ถ้าในขณะที่ร่างกายตกลงสู่พื้นแล้วนักกีฬายังคงเหยียดเข่าอยู่ก็จะทำให้มีแรงปฏิกิริยาจากพื้นผลักเข้าไปทางด้านหน้าซึ่งทำให้เกิด Hyperextension ของเข่าและมีการฉีกขาดของ ACL ได้ เมื่อลงสู่พื้นแล้วแรงดึงใน ACL มีค่าลดลงเนื่องจากนักกีฬามีการงอเข่าเมื่อเท้าสัมผัสพื้น อย่างไรก็ตามเมื่อลงสู่พื้นทำให้เกิดแรงปฏิกิริยามากกระทำที่ข้อเข่าในลักษณะกดเข่าลงและผลักเข่าเข้าด้านในจึงทำให้เกิดการหุบเข่า (Valgus) ซึ่งเป็นช่วงจังหวะหนึ่งที่จะทำให้เสี่ยงต่อการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า โดยงานวิจัยของ Norcross *et al.* ปี ค.ศ. 2010 ได้รายงานถึงความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า จากการทดลองโดยให้กลุ่มตัวอย่างกระโดดลงจากกล่องที่มีความสูง 30 เซนติเมตรแล้วพบว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าได้แก่ มุมการงอเข่า ลักษณะการหุบเข่า (Valgus) และเกิดแรงเฉือนมากกระทำบริเวณเข่า เมื่อเปรียบเทียบกับการวิ่งเปลี่ยนทิศทางแล้วพบว่า แรงดึงในเอ็นไขว้หน้าที่เกิดขึ้นในขณะที่วิ่งเปลี่ยนทิศทางนั้นจะมีค่าน้อยกว่าการกระโดดยิงประตูบาสเกตบอล ทั้งนี้ลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในการวิ่งเปลี่ยนทิศทางจะทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาตกลงบนเข่าและมีแรงผลักเข่าเข้าด้านใน (Valgus) จึงอาจเป็นสาเหตุให้เกิดแรงดึงในเอ็นไขว้หน้าที่สูงขึ้น ทั้งนี้ McLean *et al.* ได้รายงานในปี ค.ศ. 2004 ว่าการวิ่งเปลี่ยนทิศทาง Sidestep cutting สามารถส่งผลให้เกิดการฉีกขาดของเอ็นไขว้หน้าได้ เนื่องจากการทำ Sidestep cutting ในขณะที่วิ่งเปลี่ยนทิศทางนั้นนักกีฬาจะมีการหุบเข่า (Valgus) ร่วมด้วย ส่งผลให้มีแรงมากกระทำต่อข้อเข่าในระนาบด้านข้าง (Sagittal plane) ทำให้เกิดแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้ามากจน

ศึกษาได้ Kristianslund *et al.* ในปี ค.ศ. 2014 ได้อธิบายว่า เมื่อปลายเท้าสัมผัสพื้น ในขณะที่นักกีฬาทำ วิ่งเปลี่ยนทิศทาง เข่าจะมีลักษณะหุบเข้าใน (Valgus) ส่งผลให้เกิดโมเมนต์การกางเข่า (Abduction moment) ที่มาก ซึ่งมีความเสี่ยงสูงที่จะทำให้เอ็นไขว้หน้าเกิดการฉีกขาดได้ แรงที่กระทำต่อข้อเข่าในระนาบด้านข้าง (Sagittal plane) ส่งผลให้เกิดแรงมากระทำที่เอ็นไขว้หน้าค่อนข้างมาก ซึ่งเป็นหนึ่งในกลไกการเคลื่อนไหวที่ส่งผลให้เอ็นไขว้หน้าฉีกขาด เช่นการทำ Sidestep cutting ในกีฬาฟุตบอล

แรงดึงสูงสุดของเอ็นไขว้หน้าใน Anteromedial bundle เท่ากับ 972.47 ± 181.55 นิวตันและเกิดแรงดึงในมัดใย Posterolateral bundle 647.50 ± 169.94 นิวตันที่ได้จากการทดลองในกิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทางนักฟุตบอล ส่วนการกระโดดยิงประตูบาสเกตบอลทำให้เกิดแรงดึงตัวในมัดใย Anteromedial bundle เท่ากับ 1032.15 ± 362.24 นิวตันในมัดใย Posterolateral bundle เท่ากับ 683.57 ± 284.49 นิวตันสำหรับการสวิงในกีฬาอล์ฟทำให้เกิดแรงดึงในมัด Anteromedial bundle ของขาข้างที่ยึดติดกับพื้นเท่ากับ 211.46 ± 41.08 นิวตัน และเกิดแรงดึงในมัดใย Posterolateral bundle เท่ากับ 41.08 ± 21.97 นิวตันถ้าเป็นสถานการณ์แข่งขันจริงนักกีฬาอาจมีการเคลื่อนไหวรวดเร็วรุนแรงกว่าในห้องทดลอง เมื่อดูจากค่าแรงดึงสูงสุดของเอ็นไขว้หน้าที่คำนวณได้จากทั้งสามกิจกรรมกีฬาพบว่ามีค่าน้อยกว่าแรงดึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้าของผู้ชายจะรับได้คือน้อยกว่า 2550 นิวตัน ดังนั้นการจำลองสถานการณ์การเคลื่อนไหวทั้งสามแบบในห้องทดลองนั้นไม่ได้ทำให้เกิดแรงดึงสูงสุดในเอ็นไขว้หน้าส่งผลให้เอ็นไขว้หน้าฉีกขาดได้หรือไม่สามารถทำให้เอ็นไขว้หน้าฉีกขาดได้โดยตรงในทันทีแต่สิ่งที่ทำให้เอ็นไขว้หน้าของนักกีฬาเกิดการบาดเจ็บอาจเกิดจากมีแรงกระทำจากภายนอกเช่น การถูกปะทะ ในขณะที่ทำกิจกรรมนั้นอยู่ หรือเกิดจากการที่มีการบาดเจ็บอยู่ก่อนแล้ว เมื่อทำกิจกรรมกีฬานั้นซ้ำๆจึงส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บมากขึ้นหรือในสถานการณ์การแข่งขันของนักกีฬาวาสเกตบอลและนักกีฬาฟุตบอลที่ทำให้เกิดการเหยียดเข่าและหุบเข่า (Valgus) มากขึ้น

ในการสวิงกอล์ฟถึงแม้จะที่ไม่มีปะทะ แต่ในการฝึกซ้อมหรือแข่งขันจำเป็นต้องฝึกทักษะในการสวิงหลายๆครั้ง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าเพราะเมื่อกำลังเนื้อมีการล้าจากการฝึกซ้ำๆกันเป็นเวลานานหรือการเคลื่อนไหวที่ผิดจังหวะจะส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าได้เช่นกันดังที่ McHardy *et al.* (2006) ได้อธิบายถึงลักษณะการบิดหมุนข้อเข่าขณะนักกีฬาในขณะสวิงกอล์ฟท่า Classic swing และ Modern swing ว่าการสวิงกอล์ฟที่ถูกต้อง ส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายต้องไม่รับแรงกระแทกหรือแรงบิดที่มากเกินไป การ

สวิงกอล์ฟแบบ Modern swing นักกีฬาจะมีการงอเข้าข้างที่ยึดติดกับพื้น ในขณะที่ Back swing ส่วนในการทำ down swing และ follow through นั้นนักกีฬาจะเหยียดเข้าข้างที่ยึดติดกับพื้น (Hyperextension) บิดเข้า (twist) ร่วมกับการหุบเข้าเข้าด้านใน (Valgus) และในการสวิงกอล์ฟแบบ Classic swing การเคลื่อนไหวข้อเข่าจะเกิดในรูปแบบเดียวกันกับ แต่ Modern swing จะมีการบิดที่รุนแรงกว่า เนื่องจากฝ่าเท้าซ้ายของนักกีฬาที่มีการสวิงกอล์ฟแบบ Classic swing จะยึดติดกับพื้นในท่าเดิมตลอดช่วงการสวิง ในขณะที่ลำตัวนักกีฬามีการบิดเข้าตามวิถีลูกกอล์ฟ จากลักษณะท่าทางการสวิงกอล์ฟจะทำให้เข่าจะต้องรักษาความสมดุลของร่างกายตลอดช่วงการเคลื่อนไหวจึงเกิดแรงกดที่บริเวณเข่า

ความสัมพันธ์ระหว่างท่าทางการเคลื่อนไหวและลักษณะของแรงดึงในเอ็นไขว้หน้า

ในการทำกิจกรรมกระโดดยิงประตูบาสเกตบอล ขณะที่ร่างกายลอยสูงขึ้นไปจากพื้น มุมในการงอเข่าลดน้อยลง ทำให้ปริมาณแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าเพิ่มสูงขึ้นจนถึงจุดสูงสุด ตรงกับช่วงแรกที่ร่างกายกำลังตกลงสู่พื้น และเป็นเวลาเดียวกับที่หน้าแข้งสะบัดไปด้านหน้าพร้อมกับข้อเข่าเลื่อนไปด้านหน้า เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงอื่นของการกระโดด จากนั้นแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าจะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งร่างกายนักกีฬาดตกลงสู่พื้น ซึ่งข้อเข่ามีงอเพิ่มมากขึ้นเพื่อลดแรงกระทำจากพื้น ลักษณะการเกิดกราฟของ Anteromedial bundle และ Posterolateral bundle จะเกิดในทิศทางเดียวกัน แต่แรงดึง Posterolateral bundle มีค่าน้อยกว่าตลอดช่วงของการกระโดด

ในขณะที่นักกีฬามีการวิ่งเปลี่ยนทิศทางจากทางตรงไปทางซ้ายนั้นขาขวาจะทำหน้าที่รับน้ำหนักสร้างคามมั่นคงและเป็นขาที่ช่วยในการส่งแรงไปตามทิศทางที่ต้องการ ลักษณะการเคลื่อนไหวดังกล่าวทำให้มีการหุบเข้า (Valgus) แล้วทำให้เกิดแรงดึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้าของทั้ง Anteromedial bundle และ Posterolateral bundle เมื่อผ่านช่วงนั้นแล้วลักษณะการเคลื่อนไหวของขาขวาจะเป็นรูปแบบปกติคือมีการงอเข้าในขณะที่ยกขาออกจากพื้น (swing phase) เกิดขึ้นกราฟที่แสดงค่าปริมาณแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าจึงหายไป

กิจกรรมการสวิงกอล์ฟมี 2 จังหวะคือจังหวะขึ้นไม้ (Upswing) และจังหวะลงไม้ (Downswing) จนถึงหน้าไม้กระทบลูกกอล์ฟ (Impact) ส่งผลให้เกิดแรงดึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้าของทั้ง Anteromedial bundle และ Posterolateral bundle 2 ช่วงด้วยกัน ในช่วงขึ้นไม้ (Upswing) จะมีการถ่ายเทน้ำหนักจากข้างซ้ายไปข้างขวาร่วมกับการบิดลำตัวข้อสะโพกและข้อเข่าจึงทำให้เกิด

แรงตึงสูงสุดของเอ็นไขว้หน้าช่วงแรกจากนั้นในจังหวะลงไม้ (Downswing) เป็นจังหวะที่มีการส่งแรงและถ่ายน้ำหนักร่างกายจากด้านขวามาทางด้านซ้ายทำให้ขาซ้ายยึดติดกับพื้นเกิดการเหยียดเข้า จึงทำให้กราฟที่แสดงค่าแรงตึงที่เอ็นไขว้หน้าของทั้ง Anteromedial bundle และ Posterolateral bundle จะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกครั้ง

งานวิจัยของ Shelburne *et al.* (2004) ได้รายงานว่าแรงตึงสูงสุดของเอ็นไขว้หน้า (Peak ACL Force) เกิดจากการที่มีแรงดึงทางด้านหน้าของเอ็นสะบ้า (Patella Tendon) กับกระดูกหน้าแข้งทำให้เกิดแรงเลื่อนไปทางด้านหน้า (Anterior Shear Force) ของข้อเข่าในกิจกรรมที่เคลื่อนไหวที่มีทำให้เกิดการเหยียดเข้า (Knee Hyperextension) ที่มากเกินไป นอกจากนี้ Pflum *et al.* (2004) ได้รายงานว่า การร่างกายตกลงสู่พื้นภายหลังจากการกระโดดทำให้เกิดแรงตึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้า (Anterior Cruciate Ligament) ประมาณ 300 นิวตัน รวมทั้ง Escamilla *et al.* (2010) ก็ได้รายงานว่า ในการทำท่า forward lunge และ side lunge จะทำให้เกิดแรงตึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้า (Anterior Cruciate Ligament) ประมาณ 205 ถึง 765 นิวตัน ทั้งนี้ขึ้นกับขนาดของมุมการงอเข่า จากงานวิจัยในครั้งนี้ที่ได้เก็บข้อมูลการกระโดดยิงประตูบาสเกตบอลร่วมกับการสร้างแบบจำลองของร่างกายส่วนล่างและเอ็นไขว้หน้านั้นพบว่า การกระโดดยิงประตูบาสเกตบอลทำให้เกิดแรงตึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้าสูงกว่าที่ Pflum *et al.* (2004) หรือ Escamilla *et al.* (2010) ได้รายงานเอาไว้ การกระโดดยิงประตูบาสเกตบอลทำให้เกิดแรงตึงตัวในมัดใย Anteromedial bundle เท่ากับ 1032.15 ± 362.24 นิวตัน ในมัดใย Posterolateral bundle เท่ากับ 683.57 ± 284.49 นิวตัน การวิ่งเปลี่ยนทิศทางทำให้เกิดแรงตึงสูงสุดของเอ็นไขว้หน้าใน Anteromedial bundle เท่ากับ 972.47 ± 181.55 นิวตัน และเกิดแรงตึงในมัดใย Posterolateral bundle 647.50 ± 169.94 นิวตัน สำหรับการสวิงกอล์ฟทำให้เกิดแรงตึงในมัดใย Anteromedial bundle ของขาข้างที่ยึดติดกับพื้นเท่ากับ 211.46 ± 41.08 นิวตัน และเกิดแรงตึงในมัดใย Posterolateral bundle เท่ากับ 41.08 ± 21.97 นิวตัน ถ้าเป็นสถานการณ์แข่งขันจริงนักกีฬาอาจมีการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วและรุนแรงกว่าในห้องทดลองจึงมีโอกาสที่ ปริมาณแรงตึงในเอ็นไขว้หน้ามีค่ามาก อย่างไรก็ตามแรงตึงสูงสุดของเอ็นไขว้หน้าที่คำนวณได้จากทั้งสามกิจกรรมกีฬานี้ยังมีค่าน้อยกว่าแรงตึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้าของผู้ชายจะรับได้คือน้อยกว่า 2550 นิวตัน ดังนั้นการจำลองสถานการณ์การเคลื่อนไหวทั้งสามแบบในห้องทดลองนั้นไม่ได้ทำให้เกิดแรงตึงสูงสุดในเอ็นไขว้หน้าที่ส่งผลให้เอ็นไขว้หน้าฉีกขาดได้หรือไม่สามารถทำให้เอ็นไขว้หน้าฉีกขาดได้โดยตรงในทันที แต่สิ่งที่ทำให้เอ็นไขว้หน้าของนักกีฬาเกิดการบาดเจ็บอาจเกิดจากมีแรงกระทำจากภายนอก เช่น การถูกปะทะ ในขณะที่ทำกิจกรรมนั้นอยู่ หรือเกิดจากการที่มีการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าอยู่ก่อนแล้ว เมื่อทำกิจกรรมกีฬานั้นซ้ำๆ จึงส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บมากขึ้นหรือในสถานการณ์การ

แข่งขันของนักกีฬาบาสเกตบอลและนักกีฬาฟุตบอลที่ทำให้เกิดการเหยียดเข่าและหุบเข่า (Valgus) มากกว่าปกติ



สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณแรงดึงในเอ็นไขว้หน้าขณะทำกิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทาง กระโดดยิงประตูบาสเกตบอลและสวิงกอล์ฟ โดยกลุ่มตัวอย่างคือนักกีฬา ระดับอุดมศึกษาหรือเทียบเท่า เพศชายที่มีอายุระหว่าง 18-30 ปีจำนวน 30 คน โดยแบ่งเป็นนักกีฬาบาสเกตบอล นักกีฬาฟุตบอล และนักกีฬากอล์ฟจำนวน 10 คนต่อชนิดกีฬา ทุกคนไม่มีประวัติการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า วัสดุสะท้อนแสง (Retro-reflection makers) ได้ถูกติดที่ร่างกายของนักกีฬาตามตำแหน่งของ lower body plug-in gait maker set บันทึกภาพเคลื่อนไหวด้วยกล้องความเร็วสูงระบบแสงอินฟราเรดจำนวน 8 ตัว ที่ความถี่ 100 เฮิรท์ และแผ่นวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้นจะบันทึกภาพการเคลื่อนไหวโดยเก็บสัญญาณภาพพร้อมด้วยการบันทึกแรงปฏิกิริยาจากพื้นที่เกิดขึ้น โดยใช้แผ่นวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้นด้วยความถี่ 1000 เฮิรท์ ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้การวิจัยที่เป็นนักกีฬาบาสเกตบอลทำกิจกรรมกระโดดยิงประตูบาสเกตบอลอย่างเต็มความสามารถจำนวน 10 ครั้ง นักกีฬาฟุตบอลทำกิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทางอย่างเต็มความสามารถจำนวน 10 ครั้ง และนักกีฬากอล์ฟทำกิจกรรมการสวิงกอล์ฟอย่างเต็มความสามารถ 10 ครั้ง นำข้อมูลพิกัดการเคลื่อนไหวของกลุ่มตัวอย่างที่บันทึกได้จากกล้องบันทึกภาพความเร็วสูงและข้อมูลแรงปฏิกิริยาจากพื้นที่บันทึกได้จากแผ่นวัดแรงได้ถูกมาใส่ในแบบจำลองของร่างกายส่วนล่างที่ได้สร้างไว้เพื่อหาแรงดึงในเอ็นไขว้หน้าด้วยโปรแกรม Life MOD™ ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (One-way MANOVA) ทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธี Tukey และกำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากการทดลองสรุปได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแรงดึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้าในการทำกิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทาง กระโดดยิงประตูบาสเกตบอลและสวิงกอล์ฟพบว่า ในการทำกิจกรรมกระโดดยิงประตูบาสเกตบอลทำให้แรงดึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้ามีค่ามากที่สุด รองลงมาคือกิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทางและกิจกรรมการสวิงกอล์ฟตามลำดับ โดยพบว่าการกระโดดยิงประตูบาสเกตบอลและการวิ่งเปลี่ยนทิศทางทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาผลักเข้าเข้าด้านใน (medial) มากกว่าการสวิงกอล์ฟ โดยที่แรงปฏิกิริยาในการผลักเข้าไปทางด้านหน้าของการกระโดดยิงประตูและวิ่งเปลี่ยนทิศทางมีปริมาณค่อนข้างน้อยดังนั้น ปริมาณแรงดึงสูงสุดของเอ็นไขว้หน้า ที่พบว่ามีค่ามากในกิจกรรมกระโดดยิงประตูบาสเกตบอลและการวิ่งเปลี่ยนทิศทางจึงน่าจะเกี่ยวเนื่องกับแรงผลักเข้าเข้าด้านใน

อย่างไรก็ตามปริมาณของแรงดึงสูงสุดในเอ็นไขว้หน้าทีวิเคราะห์ได้จากทั้ง 3 กิจกรรมยังไม่มากพอที่จะทำให้เอ็นไขว้หน้าฉีกขาดได้

ข้อเสนอแนะ

ในกิจกรรมกระโดดยิงประตูบาสเกตบอลและวิ่งเปลี่ยนทิศทาง ทำให้เกิดแรงดึงในเอ็นไขว้หน้ามากขึ้นดังนั้นในการแข่งขันและการฝึกซ้อมนักกีฬาควรใส่เครื่องป้องกันเข่าหรืออุปกรณ์ที่ช่วยสร้างความมั่นคงในข้อเข่าเช่น สนับเข่า ผ้ายึดพันข้อเข่า ผ้าเทป เป็นต้น นอกจากนี้ นักกีฬาควรเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อบริเวณรอบข้อเข่าเพื่อเพิ่มความมั่นคงของข้อเข่าให้มากขึ้นด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- Arendt, E. and R. Dick. 1995. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer: NCAA data and review of literature. **The American Journal of Sports Medicine**, 23:694-701.
- Art Spander. 2008. **Ryder Cup: Tiger Woods' Injury May Be a Blessing in Disguise for The US Team**. available Source: <http://www.telegraph.co.uk/sport/golf/theopen2303595/Ryder-CupTiger-Woods-injury-may-be-a-blessing-in-disguise-for-the-US-team.html>, 23 June, 2014.
- Bach, B.R., S. Tradonsky, J. Bojchuk, M.E. Levy, C.A. Bush-Joseph and N.H. Khan. 1998. Arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft. Five to nine - year follow-up evaluation. **American Journal of Sports Medicine**, 26 (1) : 20 – 29.
- Barrett, G.R., M.H. Field, S.H. Treacy and C.G. Ruff. 1998. Clinical results of meniscus repair in patients 40 year and older. **Arthroscopy**, 14 (8) :824-9.
- Blackburn, J.T., D.A. Padua , B.L. Riemann and K.M. Guskiewicz. 2004. The relationship between active extensibility and passive and active stiffness of the knee flexion. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, 14 (6):683-691.
- Brand, E. and J. Nyland. 2009. Patient outcomes following anterior cruciate ligament reconstruction: the influence of psychological factors. **Orthopedics**, 32 (5):335.
- Briner, W.W. and L. Kacmar. 1997. Common injuries in volleyball:mechanisms of injury prevention and rehabilitation. **Sports Medicine**, 24: 65-71.

Busfield, B.T., D. Khawazi, C. Stankey, S.J. Lombardo and J. Sugmiller. 2009. Performance outcome of anterior cruciate ligament reconstruction in the national basketball association. **Journal of Arthroscopic and Related Surgical**, 25 (8):825-830.

Cross, M.J. 1998. **Anterior cruciate ligament injuries : treatment and rehabilitation.**

Encyclopedia of Sports Medicine and Science. Available Source:

<http://www.sportsci.org/encyc/aclinj/aclinj.html>, June 15, 2014.

Dargel, J., M. Gotter, K. Mader, D. Pennig, J. Koebke and R. Schmidt-Wiethoff. 2007.

Biomechanics of the anterior cruciate ligament and implications for surgical reconstruction. **Strategies in Trauma and Limb Reconstruction**, 2:1–12.

Decker, M.J., M.R. Torry, D.J. Wyland, W.I. Sterett and J.R. Steadman. 2003. Gender

differences in lower extremity kinematics, kinetics and energy absorption during landing.

Clinical Biomechanics, 18: 662-669.

Dempsey, A.R., D.G. Lloyd, B. C. Elliott, J.R. Steele, B.J. Munro and K.A. Russo. 2007. The

effect of technique change on knee loads during sidestep cutting. **Medicine and Science in Sports Exercise**, 39 (10):1765– 1773.

Department of Orthopaedic Surgery, University of Pittsburgh. 2011. **Anatomic Single and**

Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament (ACL) Reconstruction. Available

Source: <http://ortho.medicine.pitt.edu/content/DoubleBundle.htm>, June 15, 2014.

Dufek, J. and B. Bates. 1990. The evaluation and prediction of impact forces during landings.

Medicine and Science in Sports and Exercise, 22 (2):370–377.

Dvorak, J. and A. Junge. 2000. Football injuries and physical symptoms. **American Journal of**

Sports Medicine, 28 (5): S3–9.

- Escamilla, R.F., N. Zheng, T.D. Maelend, R. Imamura, W.B. Edwards, A. Hrelia, G. Fleisry, K.E. Wilk, C.T. Moorman, L. Panlos and J.R. Andrews. 2010. Cruciate ligament tensile forces during the forward and side lunge. **Clinical Biomechanics**, 25 : 213–221.
- Golf International. 2008. **Experts Expect Tiger Woods to Recover Well**. Available Source : http://www.tees2greens.com/blogs/golf_international/archive/2008/06.aspx?PageIndex=2, June 15, 2014.
- Gosling, S. 2009. **Gilbert Arenas Takes a Jump Shot** Available Source : <http://goslingphotographyblog.com/2009/11/10/phoenix-suns-vs-washingotn-wizards-10809/>, June 15, 2014.
- Harner, C.D., G.H. Back, T.M. Vogrin, G.J. Carlin, S. Kashiwaguchi and S.L.Y. Woo. 1999. Quantitative analysis of human cruciate ligament insertion. **The Journal of Arthroscopy and Related Surgery** , 15 (7): 741-749.
- Hashemi, J., N. Chandrashekar, T. Jang, F. Karpat, M. Oseto and S. Ekwaro-Osire. 2007. An alternative mechanism of non-contact anterior cruciate ligament injury during jump-landing in-vitro simulation. **Experimental mechanics** , 47: 347–354.
- Huston, L.J., M.L. Greenfield and E.M. Wojtys. 2000. Anterior cruciate ligament injuries in the female athlete: potential risk factors. **Clinical Orthopaedics Related Research**, 372:50-63.
- Jpehler, 2013. **The ACL Injury**. Available Source: <http://joypehler.wordpress.com/category/injuries/knee-injuries/>, June 15, 2014.
- Kawashima, K. 1994. Comparative analysis of the body motion in golf swing. **Journal of Biomechanics**, 27 (6):672.

- Kristianslund, E., O. Faul, R. Bahr, G. Myklebust and T. Krosshaug. 2014. Sidestep cutting technique and knee abduction loading: implications for ACL prevention exercises. **British Journal of Sports Medicine**, 48 :779-783.
- Leadbetter, D. and R. Kaspriske. 2007. Find your swing chi. **Golf Digest**, 58 (3):94 -101.
- LifeModeller. 2010. **Plug-in-Gait Marker Placement**. Available Source: [http:// www.lifemodeller.com/LM_Manual/A_motion.shtml](http://www.lifemodeller.com/LM_Manual/A_motion.shtml), June 15, 2014.
- Louw, Q. and K. Grimmer. 2006. Biomechanical factors associated with the risk of knee injury when landing from a jump. **South African Journal of Sports Medicine**, 18 (1):18-23.
- Mallon, W.J. and J.J. Callaghan. 1994. Total joint replacement in active golfers. **Journal of The Orthopaedic Association**, 3: 295-298.
- McHardy, A., H. Polland and G. Bayley. 2006. A comparison of the modern and classic golf swing :A clinician's Perspective. **South African Journal of Sports Medicine**, 18 (3):80-92.
- McLean, S.G., S.W. Lipfert and A.J. Van den Bogert. 2004. Effect of gender and defensive opponent on the biomechanics of sidestep cutting. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 36: 1008-1016.
- Meeuwisse, W.H., R. Sellmer and B.E. Hagel. 2003. Rates and risks of injury during intercollegiate basketball. **American Journal of Sports Medicine**, 31 (3):379-385.
- Messina, D., W.C. Farney and J.C. DeLee. 1999. The incidence of injury in Texas high school basketball. **The American Journal of Sports Medicine**, 27 (3): 294-298.

- Milne, R.P. and J. P. Davis. 1992. The role of the shaft in the golf swing. **Journal of Biomechanics**, 25 (9): 975-83.
- Norcross, M.F., J.T. Blackburn, B.M. Goerger and D.A. Padua. 2010. The association between lower extremity energy absorption and biomechanical factors related to anterior cruciate ligament injury. **Clinical Biomechanics**, 25 (10):1031–1036.
- Pflum, M.A., K.B. Shelburne, M.R. Torry, M.J. Decker and M.G. Pandy. 2004. Model prediction of anterior cruciate ligament force during drop-landings. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 36 (11): 1949-1958.
- Reuters. 2009. **Ernie Els Top Sports Searches**. Available Source: <http://www.search.espn.go.com/.../ernie-els/.../22-38-60-4294920330-4294876641>, June 15, 2014.
- Rojas, F.J., M. Cepero, A. Ona and M. Gutierrez. 2000. Kinematic adjustments in the basketball jump shot against an opponent. **Ergonomics**, 43 (10):1651-60.
- Schmidler, C. 2010. **Knee Arthroscopy**. Available Source: <http://www.healthpages.org/surgical-care/knee-arthroscopy/>, June 15, 2014.
- Shelburne, K.B., M.G. Pandy, F.C. Anderson and M.R. Torry, 2004. Pattern of anterior cruciate ligament force in normal walking. **Journal of Biomechanics**, 37 (6):797-805.
- Shimokochi, Y. and S.J. Shultz. 2008. Mechanisms of noncontact anterior cruciate ligament injury. **Journal of Athletic Training**, 43 (4): 396-408.
- Shultz, S.J., R. J. Schmitz and B.D. Beynon. 2011. Variations in varus/valgus and internal external rotational knee laxity and stiffness across the menstrual cycle. **Journal of Orthopaedic Research**, 29 (3): 318–325.

- Smith, J. 2014. **What Are The Leg Muscles**. Available Source: [http://www.oxford174.com/what-are-the-leg-muscles /](http://www.oxford174.com/what-are-the-leg-muscles/), June 15, 2014.
- Stapleton, T.R., J.I. Waldrop and C.R. Ruder. 1998. Graft fixation strength with arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: Two-incision rear entry technique compared with one-incision technique. **American Journal of Sports Medicine**, 26:442-445.
- Starkey, C. 2000. Injuries and illnesses in the national basketball association: a 10-year perspective. **Journal of Athletic Training**, 35 (2) :161–167.
- Tallan. 2013. **ACL Prevention Training Programs For The Female Athlete**. Available Source : <http://ageless-fitness.com/acl-prevention-training-program-for-female-athletes/>, June 15, 2014.
- The Daisy Cutter Football Newspaper. 2012. **The Rise and Fall of Michael Owen**. Available Source :<http://www.thedaisycutter.co.uk/2012/08/the-rise-and-fall-of-michael-owen/>, June 15, 2014.
- Vilensky, J.A., B.L. O’Conner, K.D. Brandt, E.A. Dunn and P.I. Ragers. 1997. Serial kinematic analysis of the canine hindlimb joints after deafferentation and anterior cruciate ligament transaction. **Osteoarthritis and Cartilage**, 5 (3):173-182.
- Wei, S. 2008. **The Circus Leaves Town: Tiger Woods Withdraws From US Open**. Available Source: <http://www.weiunderpar.com/post/the-circus-leaves-town-tiger-woods-withdraws-from-us-open>, June 15, 2014.
- Zheng, N., G.S. Fleisig, R.F. Escamilla and S.W. Barrentine. 1998. An analytical model of the knee for estimation of internal forces during exercises. **Journal of Biomechanics**, 31 (10): 963-7.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
แบบเสนอโครงการวิจัยเพื่อขอคำรับรองจากคณะกรรมการสิทธิมนุษยชน
เกี่ยวกับการทดลองในมนุษย์

แบบเสนอโครงการวิจัยเพื่อขอคำรับรองจากคณะกรรมการสิทธิมนุษยชน
เกี่ยวกับการทดลองในมนุษย์ ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ

1. ชื่อโครงการ ปริมาณแรงดึงในเอ็นไขว้หน้าขณะทำกิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทางในนักฟุตบอล
กระโดดยิงประตูบาสเกตบอล และสวิงกอล์ฟ

2. ชื่อและที่ทำงานของผู้วิจัย

ชื่อหัวหน้าโครงการ

ผศ. ดร. สิริพร ศศิสมณฑลกุล คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชื่อผู้ร่วมวิจัย

ดร.อรอุมา บุญอารมย์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชื่อผู้ร่วมวิจัย

นายธิตยนันท์ เฟ็งมณี

ชื่อผู้ร่วมวิจัย

นายแพทย์ปิยวิทย์ สรไชยเมธา

ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ

ชื่อผู้ร่วมวิจัย

นางสาวพรสุรีย์ อ่อนมณี ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ

3. สรุปย่อโครงการ

หลักการและเหตุผล

การบาดเจ็บที่เอ็นไขว้หน้าเกิดขึ้นได้บ่อยในทุกชนิดกีฬา แต่นักกีฬาฟุตบอลได้รับการบาดเจ็บมากที่สุด รองลงมาคือนักกีฬาบาสเกตบอล และนักกีฬากอล์ฟ การบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าจะส่งผลให้ข้อเข่าสูญเสียความมั่นคงและอาจส่งผลต่อเนื่องให้เกิดภาวะข้อเข่าเสื่อมได้ ซึ่งการบาดเจ็บในนักกีฬาระดับอาชีพจะส่งผลกระทบต่ออาชีพ ทั้งการคัดเลือกตำแหน่งตัวจริง รายได้ และความเชื่อมั่นในตัวนักกีฬา

ปริมาณแรงดึงที่เกิดขึ้นในเอ็นไขว้หน้า จะเป็นข้อมูลที่บ่งบอกถึงความเสี่ยงที่ทำให้เกิดการฉีกขาดของเอ็นไขว้หน้าในกิจกรรมต่างๆ โดยมีรายงานว่าเอ็นไขว้หน้าของผู้ชายจะสามารถรับแรงดึงสูงสุดได้ประมาณ 2,550 นิวตัน และผู้หญิงสามารถรับแรงดึงสูงสุดได้ประมาณ 1,687 นิวตัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองการเคลื่อนไหวของนักกีฬา ในขณะที่ประกอบกิจกรรมที่ทำให้เอ็นไขว้หน้าเสี่ยงต่อการฉีกขาด เพื่อจำลองข้อเข่าและคำนวณหาแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) โดยกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ศึกษา ได้แก่ การวิ่งเปลี่ยนทิศทางของนักกีฬาฟุตบอล การกระโดดยิงประตูในกีฬาบาสเกตบอล และการสวิงกอล์ฟ ทั้งนี้ในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาถึงปริมาณของแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) ที่เกิดจากการเคลื่อนไหวเหล่านี้ ดังนั้นการคำนวณหาปริมาณแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) ในขณะที่เคลื่อนไหววิ่งเปลี่ยนทิศทางในกีฬาฟุตบอล การกระโดดยิงประตูบาสเกตบอล และการสวิงกอล์ฟ จะทำให้ทราบว่ากิจกรรมเหล่านี้ทำให้นักกีฬามีโอกาสเกิดการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า (ACL) มากน้อยเพียงใด เนื่องจากถ้าแรงดึงที่เกิดขึ้นที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) มีค่ามากกว่าแรงดึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) จะรับได้ จะส่งผลให้เอ็นไขว้หน้ามีโอกาสเกิดการฉีกขาดได้ ซึ่งผลการวิจัยนี้จะมีประโยชน์ในการป้องกันและลดการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า

4. บทนำ

4.1 ความเป็นมา

การวิจัยถึงอุบัติการณ์การบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าในนักกีฬาพบว่า นักฟุตบอลมีการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าถึง 47 เปอร์เซ็นต์ (Louw and grimmer, 2003) รองลงมาคือนักบาสเกตบอลมีการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า 32 เปอร์เซ็นต์ (Huston *et al.*, 2000) และในกีฬา กอล์ฟมีการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า 20 เปอร์เซ็นต์ (Mallon and Callaghan, 1994) ซึ่ง Louw and grimmer ในปี 2003 ได้ รายงานว่า กลไกการเคลื่อนไหวที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บที่เอ็นไขว้หน้าในนักกีฬาส่วนใหญ่เกิดในขณะที่ยกน้ำหนักวิ่ง กลับตัว หมุนตัว เปลี่ยนทิศทางทันทีทันใด หรือเมื่อร่างกายนักกีฬา ตกลงสู่พื้นหลังจากการกระโดด ตลอดจนการเคลื่อนไหวเพื่อหลบหลีกคู่ต่อสู้ โดยการเคลื่อนไหวเหล่านี้ทำให้มีน้ำหนักกดลงบนกระดูกหน้าแข้ง (Tibia) ร่วมกับทำให้ข้อเข่าบิด (twist) หรือทำให้ข้อเข่าอยู่ในลักษณะ valgus ส่งผลให้เกิดแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) สูงกว่าปกติ จนเกิดการฉีกขาดของเอ็นไขว้หน้า (ACL) ได้ (Dempsey *et al.*, 2007)

เมื่อมีการบาดเจ็บเกิดขึ้นที่เอ็นไขว้หน้า จะทำให้ข้อเข่าสูญเสียความมั่นคงและอาจส่งผลต่อเนื้อเยื่อให้เกิดภาวะข้อเข่าเสื่อมได้ (Vilensky, 1997) ซึ่งการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าในนักกีฬาระดับอาชีพจะส่งผลกระทบต่ออัตราการคัดเลือกนักกีฬา รายได้และความเชื่อมั่นของนักกีฬา (Bach *et al.*, 1988) การบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า ทำให้นักกีฬาต้องงดฝึกซ้อมหรือลงแข่งขันประมาณ 6-9 เดือน ตามระดับความรุนแรงของการบาดเจ็บ (Arendt *et al.*, 1995) นักกีฬาส่วนใหญ่จึงเลือกรักษาการบาดเจ็บที่เอ็นไขว้หน้าด้วยวิธีการผ่าตัดเพื่อฟื้นฟูความมั่นคงของข้อเข่าและให้กลับมาเล่นกีฬาได้เร็วที่สุด (Decker *et al.*, 2003) แต่เมื่อมีการศึกษาและติดตามผลภายหลังการผ่าตัดทั้งระยะสั้นและระยะยาวแล้ว พบว่า 15-25 เปอร์เซ็นต์ของผู้ที่ได้รับการผ่าตัดซ่อมแซมเอ็นไขว้หน้า ยังคงมีอาการเจ็บปวดและมีภาวะข้อเข่าขาดความมั่นคงอยู่เช่นเดิม (Barrett, 1998)

เอ็นไขว้หน้าของผู้ชายและผู้หญิงสามารถรับแรงดึงได้สูงสุด 2,550 นิวตัน และ 1,687 นิวตัน ตามลำดับ (Stapleton *et al.*, 1998) กิจกรรมการเคลื่อนไหวในแต่ละรูปแบบส่งผลให้เกิดแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) ที่แตกต่างกัน โดย Shelburne *et al.* ในปี ค.ศ. 2004 รายงานว่าในการเดินตามปกติทำให้เกิดแรงดึงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) ระหว่าง 150 ถึง 300 นิวตัน ขณะที่

Pflum *et al.* (2004) ได้ศึกษาแรงดิ่งที่เอ็นไขว้หน้าในข้อเข่าของผู้ที่เสียชีวิต พบว่าในขณะที่ร่างกายตกลงสู่พื้นหลังจากการกระโดดทำให้เกิดแรงดิ่งสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) ประมาณ 300 นิวตัน ส่วนการทำท่า forward lunge และ side lunge จะทำให้เกิดแรงดิ่งสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) ประมาณ 205 ถึง 765 นิวตันตามขนาดของมุมการงอเข่า (Escamilla *et al.*, 2010)

ในปัจจุบันสามารถหาปริมาณของแรงดิ่งในเอ็นไขว้หน้า (ACL) ได้โดยคิดเครื่องมือวัดแรงดิ่งของเอ็นไขว้หน้าในคนปกติ อย่างไรก็ตามการทดลองในข้อเข่าของมนุษย์ที่มีชีวิตจะต้องผ่าตัดติดอุปกรณ์ที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) ซึ่งอาจทำให้เนื้อเยื่อของข้อเข่าผิดปกติและเกิดอันตรายต่อกลุ่มตัวอย่างได้ ขณะเดียวกันการทดลองในร่างกายของผู้ที่เสียชีวิตก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถทำให้ทราบแรงดิ่งที่เอ็นไขว้หน้าได้ (Hashemi *et al.*, 2007) แต่การศึกษาโดยวิธีนี้ก็ยังมีข้อจำกัด เช่นเดียวกัน คือข้อมูลต่างๆที่ได้มาเกิดจากการเคลื่อนไหวที่ไม่เป็นธรรมชาติ หรือเหมือนจริงตามทักษะการเคลื่อนไหวนั้น

4.2 เหตุผลและความจำเป็นที่ต้องวิจัย

การวิ่งเปลี่ยนทิศทางของนักกีฬาฟุตบอล การกระโดดยิงประตูในกีฬาบาสเกตบอล และการสวิงกอล์ฟ มีอุบัติการณ์การบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า (ACL) ถึง 47, 32 และ 20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Louw *et al.*, 2006; Huston *et al.*, 2000; Mallon and Callaghan, 1994) ทั้งนี้ในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาถึงปริมาณของแรงดิ่งที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) ที่เกิดจากการเคลื่อนไหวเหล่านี้ ดังนั้นการคำนวณหาปริมาณแรงดิ่งที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) ในขณะเคลื่อนไหววิ่งเปลี่ยนทิศทางในกีฬาฟุตบอล การกระโดดยิงประตูบาสเกตบอล และการสวิงกอล์ฟ จะทำให้ทราบว่ากิจกรรมเหล่านี้ทำให้นักกีฬามีโอกาสเกิดการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า (ACL) มากน้อยเพียงใด เนื่องจากถ้าแรงดิ่งที่เกิดขึ้นที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) มีค่ามากกว่าแรงดิ่งสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้า (ACL) จะรับได้ จะส่งผลให้เอ็นไขว้หน้าเกิดการบาดเจ็บหรือฉีกขาดได้

4.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบว่ากิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทางในนักกีฬาฟุตบอล การกระโดดยิงประตูบาสเกตบอล และการสวิงกอล์ฟ ทำให้นักกีฬามีโอกาสเกิดการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้า (ACL) มากน้อยเพียงใด

เพื่อประเมินปัจจัยที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าและเป็นแนวทางป้องกันการบาดเจ็บไม่ให้เกิดขึ้นต่อไปในอนาคต

5. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าในขณะวิ่งเปลี่ยนทิศทาง กระโดดยิงประตู บาสเกตบอล และการสวิงกอล์ฟ
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณแรงดึงที่เอ็นไขว้หน้าในขณะทำการเคลื่อนไหวทั้ง 3 ลักษณะ

6. สถานที่ศึกษาวิจัยและระยะเวลาศึกษาวิจัย

สถานที่ศึกษาวิจัย

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ

ระยะเวลาศึกษาวิจัย

พฤษภาคม-สิงหาคม พ.ศ. 2555

7. การวางแผนการวิจัย

7.1 กลุ่มประชากรที่จะศึกษา

กลุ่มประชากรเป็น นักกีฬาบาสเกตบอล นักกีฬาฟุตบอล นักกีฬากอล์ฟระดับมหาวิทยาลัย

7.2 เกณฑ์การคัดอาสาสมัครเข้าโครงการ (Inclusion criteria)

1. เป็นนักกีฬาฟุตบอล หรือ นักกีฬาบาสเกตบอล หรือ นักกีฬากอล์ฟ ระดับมหาวิทยาลัย เพศชาย และมีอายุระหว่าง 18-28 ปี

2. มีประสบการณ์ในการเป็นนักกีฬามากอย่างน้อย 5 ปี

3. ผลการตรวจพิเศษด้วยวิธี (Lachman's test) จากนักกายภาพบำบัดเป็นลบ

7.3 เกณฑ์การคัดอาสาสมัครออกจากโครงการ (Exclusion criteria)

1. มีการบาดเจ็บบริเวณของร่างกายส่วนล่างภายใน 6 เดือนที่ผ่านมา

2. มีปัญหาและสูญเสียความสามารถในการทรงตัว

7.4 เกณฑ์การแยกอาสาสมัครออกจากโครงการ (Exclusion Criteria)

อาสาสมัครมีอาการบาดเจ็บบริเวณร่างกายส่วนล่าง

7.5 เกณฑ์การให้เลิกจากการศึกษา (Discontinuation criteria)

ก. เกณฑ์ให้อาสาสมัครเลิกจากการศึกษาทั้งโครงการ (Discontinuation Criteria for Participant)

อาสาสมัครมีความประสงค์จะออกจากการเข้าร่วมวิจัย

ข. เกณฑ์การพิจารณาเลิกหรือยุติการศึกษาทั้งโครงการ (Termination Criteria for the Study)

งานวิจัยเสร็จสิ้น

7.6 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย การควบคุมการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การบันทึกภาพการเคลื่อนไหว

ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการอบอุ่นร่างกาย (Warm up) ด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (stretching) เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงติดวัตถุสะท้อนแสงบริเวณส่วนล่างของร่างกายตามตำแหน่งของ lower body plug in gait marker set ดังนี้ Anterior Superior Iliac Spine (ASIS), Posterior Superior Iliac Spine (PSIS), Thigh (THI), Femoral Epicondyle (KNE), Shank (TIB), Calcaneus (HEE), Lateral Malleolus (ANK), Second Metatarsal (TOE) เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยพร้อมจึงให้ผู้เข้าร่วมวิจัยที่เป็นนักกีฬาบาสเกตบอลทำการกระโดดยิงประตู 10 ครั้ง ส่วนนักฟุตบอลให้ทำการเคลื่อนที่แบบเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว (sidestep cutting) 10 ครั้งและให้นักกีฬาอล์ฟทำการสวิงกอล์ฟ (swing golf) 10 ครั้ง ทั้งนี้กล้องบันทึกภาพอินฟราเรดจะทำการบันทึกภาพของวัตถุสะท้อนแสงที่ติดอยู่บนร่างกายนักกีฬา

การจำลองข้อเข่าและเอ็นไขว้หน้า

จำลองข้อเข่าและเอ็นไขว้หน้าจากข้อมูลทางด้านสัดส่วน (Anthropometry) ของผู้ถูกวิจัยแต่ละคน โดยจำลองเอ็นไขว้หน้าเป็น 2 มัด คือ มัดเส้นใย Anteromedial Bundle และ Posterolateral Bundle ซึ่งจะเชื่อมอยู่กับกระดูกต้นขา (Femur) และกระดูกหน้าแข้ง (tibia)

การวิเคราะห์แรงดึงที่กระทำต่อเอ็นไขว้หน้า กระทำได้โดยนำภาพการเคลื่อนไหวที่บันทึกได้จากกล้องความเร็วสูงมาจับเคลื่อน โมเดลร่างกาย โดยใช้ตำแหน่งของวัตถุสะท้อนแสง (Retro reflective markers) ที่มีการเคลื่อนที่ตามการเคลื่อนไหวของร่างกาย ในขณะประกอบกิจกรรม กระโดดยิงประตูบาสเกตบอล sidestep cutting และการสวิงกอล์ฟ มาเป็นตัวจับเคลื่อนให้โมเดลร่างกายและข้อเข่าที่สร้างไว้มีการเคลื่อนที่ตามการเคลื่อนไหวของนักกีฬาที่ได้บันทึกไว้

8. ข้อพิจารณาด้านจริยธรรม

8.1 ระบุความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น

กิจกรรมที่ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยปฏิบัติไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้เข้าร่วมวิจัย เพราะเป็นทักษะที่ใช้ในการฝึกซ้อมและแข่งขัน อย่างไรก็ตามนักกีฬาบางประเภทอาจเกิดการหกล้มจนเป็นแผลถลอกได้ ซึ่งผู้วิจัยจะนำเบาะฟองน้ำวางไว้รอบตัวนักกีฬาในขณะที่ทำการกระโดดยิงประตู และมีนักกายภาพบำบัดดูแลนักกีฬาตลอด การวิจัย

8.2 ระบุการตอบแทน

ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับค่าตอบแทนเป็นเงินจำนวน 300 บาท

8.3 วิธีการเข้าถึงประชากรที่จะเชิญชวนให้เข้าวิจัย

ใช้วิธีติดต่อโดยตรง

8.4 ผู้ที่ทำหน้าที่ให้ข้อมูลเพื่อให้อนุญาตเข้าร่วมวิจัยโดยสมัครใจ

ผู้ทำวิจัยเป็นผู้ให้ข้อมูลเพื่อให้อนุญาตเข้าร่วมวิจัย

8.5 วิธีการเก็บข้อมูลเพื่อมิให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าถึงได้

ข้อมูลเกี่ยวกับผู้เข้าร่วมการวิจัยจะถูกเก็บเป็นความลับ และใช้รหัสแทนชื่อของผู้เข้าร่วมการวิจัย

9. รายละเอียดงบประมาณและแหล่งทุนวิจัย

ใช้ทุนส่วนตัว ประมาณ 5000 บาท



ภาคผนวก ข
หนังสือยินยอมโดยได้รับการบอกกล่าวและเต็มใจ

**หนังสือยินยอมโดยได้รับการบอกกล่าวและเต็มใจ
(Informed Consent Form)**

ชื่อโครงการ ปริมาณของแรงดึงในเอ็นไขว้หน้าขณะทำกิจกรรมวิ่งเปลี่ยนทิศทางในนักฟุตบอล
กระโดดยิงประตูบาสเกตบอล และสวิงในกีฬากอล์ฟ

ชื่อผู้วิจัย ผศ. ดร. สิริพร ศศิสมณฑลกุล คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.อรอุมา บุญยารมย์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นายธิตินันท์ เฟื่องมณี คณะวิทยาศาสตร์การกีฬามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

***ชื่อผู้เข้าร่วมการวิจัย**

อายุ

คำยินยอมของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว ได้ทราบ
รายละเอียดของโครงการวิจัยตลอดจนประโยชน์ และข้อเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นต่อข้าพเจ้าจากผู้วิจัยแล้ว
อย่างชัดเจน ไม่มีสิ่งใดบีบบังคับซ่อนเร้นและยินยอมให้ทำการวิจัยในโครงการที่มีชื่อข้างต้น และ
ข้าพเจ้ารู้ว่าถ้ามีปัญหาหรือข้อสงสัยเกิดขึ้นข้าพเจ้าสามารถสอบถามผู้วิจัยได้ และข้าพเจ้าสามารถ
ไม่เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อการรักษาที่ข้าพเจ้าพึงได้รับ นอกจากนี้
ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าเป็นความลับและจะเปิดเผยได้เฉพาะในรูปแบบที่เป็น
สรุปผลการวิจัย การเปิดเผยข้อมูลเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าต่อหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง กระทำได้เฉพาะ
กรณีจำเป็นด้วยเหตุผลทางวิชาการเท่านั้น

ลงชื่อ..... (ผู้เข้าร่วมการวิจัย)

..... (พยาน)

..... (พยาน)

วันที่

คำอธิบายของแพทย์หรือผู้วิจัย

ข้าพเจ้าได้อธิบายรายละเอียดของโครงการ ตลอดจนประโยชน์ของการวิจัย รวมทั้งข้อเสีย
ที่อาจจะเกิดขึ้นแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัยทราบแล้วอย่างชัดเจน โดยไม่มีสิ่งใดปิดบังซ่อนเร้น

ลงชื่อ..... (ผู้วิจัย)

วันที่.....



ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ – สกุล	นายธิตยนันท์ เฟื่องมณี
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 19 ตุลาคม พ.ศ. 2526
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (กายภาพบำบัด) มหาวิทยาลัยรังสิต พ.ศ. 2549
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักกายภาพบำบัด
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงพยาบาลพหลพลพยุหเสนา จังหวัดกาญจนบุรี

